גיליון מס' 27 | אפריל 2015

אודיסאה

מסע בין רעיונות

בעיית אמינות | המחקר המדעי - תמונת מצב

פרויקט בעריכת ד"ר אהוד לם

- **המאיץ הגדול עובר לסין** פרופ' זוהר קומרגרודסקי
- **האסלאם מכיל את האבולוציה** ד"ר אוריה שביט
- **המצאת הגלגל וזכויות הנשים** פרופ' רפי גרינברג
- **שאלת אודיסאה** על מה ויתרנו מוקדם מדי?

מיסודה ובתמיכתה של

אודיסאה – מסע בין רעיונות / גיליון 27 / אפריל 2015

"המשפט הכי מלהיב לשמוע מהעוסקים במדע,
המשפט שמבשר על תגלית חדשה, הוא לאו דווקא 'אאוריקה!'
אלא 'זה מוזר...'"

אייזיק אסימוב

השער: פרט מתוך שטר 10 לירות,
עיצוב: האחים שמיר

אודיסאה: מחיר 55 ש' (כולל מע"מ)

מה בגיליון

נהוג לזהות את אויבי המדע עם גורמי דת חשוכים ומחזיקי דעות בריאתניות. גיליוננו זה מפנה קרן אור לעבר גורם אחר, פנימי, מסוכן לא פחות – התערערות האמינות. בעת האחרונה, כותב חוקר הפילוסופיה של המדעים **ד"ר אהוד לם**, מעל בימות מדעיות מרכזיות, הולכות ומתרבות תלונות על מחקרים מעוגלי פינות, על מאמרים שפרסומם נקנה בכסף ועל מחקרים שאין אפשרות לשחזר אותם. הכסף, הכבוד והכוח, מתברר, משחיתים גם את אלה שנשבעו בשמה של האסכולה הנשענת על תצפיות ומחויבת לעובדות הנובעות מהן.

בגיליון זה ערך ד"ר לם אסופת מאמרים המתארת את אותה אמינות מדעית נסדקת מזוויות שונות: הפסיכולוג החברתי **ד"ר יואב בר־ענן** מתאר את מעגל התגמולים שממריץ חוקרים לייפות תוצאות ניסויים על חשבון הדיוק ואת הדרך הרלוונטית להתמודד עם התופעה; התחקירן **ד"ר ג'ון בוהנון** מכתב העת Science חושף במאמר שעורר הדים רבים בקהילה המדעית – בדיקת אמינות מועטת, אם לא־קיימת כלל, בהרבה מכתבי העת המדעיים בעולם באסכולת "הגישה החופשית"; הסוציולוג **ד"ר אורי שויד** מתאר כיצד נדדו בעיות אנושיות שפעם היו באחריות החברה לתחום אחריותם של תעשיינים, רופאים ורוקחים; והסטטיסטיקאי **פרופ' יואב בנימיני**, שאינו מתרגש מהממצאים, מאבחן את הבעיה ב"תיעוש המחקר" ואת פתרונה באימוץ שיטות בקרה סטטיסטיות רלוונטיות למצב החדש.

עוד בגיליון: הפיזיקאי **פרופ' זוהר קומרגודסקי** כותב על מגבלת כוחו של מאיץ החלקיקים הגדול בשוויץ ועל מאמץ סיני להעברת המחקר לבייג'ינג על ידי בניית מאיץ גדול עוד יותר; הארכיאולוג **פרופ' רפי גרינברג** טוען שאת המצאת הגלגל אפשר לשייך לנשים דווקא; המזרחן **ד"ר אוריה שביט** מתאר את יחסו הסובלני של האסלאם לתורת האבולוציה וטוען שבאופן פרדוקסלי דווקא הכלה זו הינה מקור לנחשלות; חוקר הביטחון הלאומי **ד"ר דב תמרי** כותב על תרבות האיום שמופצת על ידי הנהגות כגורם מחליש מול אתגרים קיומיים; וכמצבת זיכרון לשני אישים אנו מפרסמים את מאמרו של **צבי ינאי** המנוח על אודות הסופר והכימאי **פרימו לוי**, שבימים אלה מלאו ארבעים שנה לצאת ספרו "הטבלה המחזורית".

ובאשר למדורים הקבועים: האדריכלית **פרופ' עדה כרמי** בוחרת עשרה דימויים שהשפיעו על יצירתה במדור **מקור השראה**, ועשרה חוקרים ואנשי אקדמיה משיבים ל**שאלת אודיסאה** – "על מה ויתרנו מוקדם מדי, כחוקרים". אל הרהט.

אבנר אברהמי

אודיסאה
| מסע בין רעיונות |

חידת אודיסאה
ד"ר גיל אלון מציג חידה
מתמטית חדשה, והפעם: כנגד
ארבעה בנים | **עמ' 12**

006
שאלת אודיסאה
פרופ' חרמונה שורק, פרופ' צבי בן־אברהם, פרופ' ישי רוזן צבי, פרופ' איריס רחמימוב, ד"ר אהוד לם, פרופ' ינון בן־נריה, פרופ' דני פילק, פרופ' רפי גרינברג, פרופ' ירון אזרחי וד"ר שרון אהרונסון־להבי משיבים לשאלה – **על מה ויתרנו מוקדם מדי, חוקרים?**

014
פרופ' זוהר קומרגודסקי
פיזיקאי בתחום תיאוריית הפיזיקה של החלקיקים, חוקר בכיר במכון ויצמן וחבר במוסד ללימודים מתקדמים של אוניברסיטת פרינסטון, חתן פרס "New horizons in Physics 2012" וזוכה ב־Gribov Medal. בגיליון זה חיבר את **אולי בסין**, מאמר על מגבלות מאיץ החלקיקים הגדול בשוויץ והאלטרנטיבה האדירה שמתוכננת להיבנות בסין.

018
פרופ' רפי גרינברג
פרופסור לארכיאולוגיה באוניברסיטת תל־אביב, מתמקד בראשית התהוות התרבויות העירוניות באזורנו, בהגירות קדומות ובמגעים בין־תרבותיים, וכן במשמעויות של הארכיאולוגיה בהווה, במיוחד בעיר מגוריו, ירושלים. בגיליון זה כתב את **האמת על המצאת הגלגל**, מאמר שחושף את תפקידן המרכזי של הנשים בפיתוח הטכנולוגי שנחשב כגברי טהור.

024
ד"ר אהוד לם
בעל תואר ראשון במדעי המחשב, תואר שני ושלישי בהיסטוריה ובפילוסופיה של המדע, חבר סגל מכון כהן להיסטוריה ולפילוסופיה של המדעים והרעיונות באוניברסיטת תל אביב. תחומי המחקר העיקריים שלו הם האבולוציה של הגנום, של יכולות קוגניטיביות, של השפה והנורמות. בגיליון זה ערך את פרויקט "בעיית האמינות במחקר המדעי" וכתב את המאמר **מדע תחת אזהרה**.

032
ד"ר יואב בר־ענן
חבר סגל המחלקה לפסיכולוגיה באוניברסיטת בן־גוריון, למד באוניברסיטת תל אביב ובאוניברסיטת וירג'יניה, חוקר קוגניציה חברתית, מתמחה בחקר עמדות, סטריאוטיפים, שכנוע, התנהגות מכוונת מטרה וידע עצמי. בגיליון זה כתב את **הפינות המעוגלות של המדע**, במסגרת פרויקט "בעיית האמינות במחקר המדעי".

040
ג'ון בוהנון
ביולוג, בוגר הרווארד ועיתונאי־תחקירן. את הדוקטורט עשה בביולוגיה מולקולרית באוניברסיטת אוקספורד, את תחקיריו עורך בשירות מגזינים מובילים, ביניהם – Science, Discover Magazine, Wired. בגיליון מתפרסם תרגום תחקיר שערך עבור Science – **מי מפחד ממחקר עמיתים**, על תעשיית המולו"ת המפוקפקת בתחום "הגישה הפתוחה", במסגרת פרויקט "בעיית האמינות במחקר המדעי".

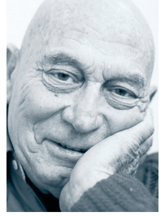
050
ד"ר אורי שויד
מרצה לסוציולוגיה באוניברסיטת בן־גוריון בתחומי הסוציולוגיה של המדע והסוציולוגיה של הריבוד והאי־שוויון, מתמקד באופן שבו נוצרות קטגוריות חברתיות וחוקר אבחנות לאומיות בבתי ספר משותפים ליהודים וערבים. בגיליון זה כתב את **מחלות מומצאות ותרופות אמיתיות**, במסגרת פרויקט "בעיית האמינות במחקר המדעי".

052
פרופ' יואב בנימיני
סטטיסטיקאי, בעל דוקטורט מאוניברסיטת פרינסטון, מכהן כפרופ' מן המניין ומופקד הקתדרה לסטטיסטיקה יישומית בבית הספר ע"ש סגול לחקר המוח באוניברסיטת תל אביב. חתן פרס ישראל לחקר הסטטיסטיקה והכלכלה. בגיליון זה כתב את **תעשיית התגליות זקוקה לתיקון**, במסגרת פרויקט "בעיית האמינות במחקר המדעי".

058
פרופ' עדה כרמי
אדריכלית, ממובילות האדריכלות הישראלית וכלת פרס ישראל לשנת תשס"ז, בוגרת האיגוד האדריכלי בלונדון והטכניון. בין עבודותיה – בניין בית המשפט העליון בירושלים שאותו תכננה בשותפות עם אחיה, האדריכל רם כרמי. בגיליון זה בחרה עשרה דימויים שהיוו עבורה **מקור השראה**.

068
ד"ר אוריה שביט
מרצה בכיר בחוג ללימודי הערבית והאסלאם ובתוכנית למדעי הדתות באוניברסיטת תל אביב. מתמחה בחקר המיעוטים המוסלמים במערב ושאלת הדמוקרטיה בחברות הערביות. ספרו האחרון: אויבי, מורי: הציונות וישראל במשנתם של אסלאמיסטים וליברלים ערבים (עם אופיר וינטר, 2013), בגיליון זה כתב את **להוריד את הקוף מהגב** – על האסלאם ויחסו המפתיע לתורת האבולוציה.

076
ד"ר דב תמרי
תא"ל מיל', סגן מפקד אוגדה במלחמת יום הכיפורים, שירת בצנחנים, היה מפקד סיירת מטכ"ל, קצין מודיעין ראשי ומפקד המכללה לפיקוד ולמטה, מלמד לתואר שני באוניברסיטת תל אביב וראש המגמה ללימודי הגנת העורף במכללת בית ברל. בגיליון זה כתב את המאמר **תרבות האיום**.



082
צבי ינאי
הוגה דעות, סופר ואוטודידקט, עורכו לשעבר של המגזין "מחשבות", מנכ"ל משרד המדע וחתן פרס ספיר על ספרו "שלך, סנדרו". לזכרו של ינאי (1935־2013) אנו מפרסמים מאמר שכתב בשנת 1994 – **הזמן השאול של פרימו לוי**.

מערכת: עורך: אבנר אברהמי | **סגן עורך:** אסף שטול־טראורינג | **עורכת אחראית:** אילה מילר | **ועדה מייעצת:** עילם גרוס, אורלי שנקר, יאיר זרמי, חנוך גוטפרוינד, דני גוטוויין | **עריכה:** שירה אביעד | **עיצוב:** אורנה אושרי | **השער:** האחים שמיר
הנהלה: יו"ר: אילה מילר | **מפיקה ומנהלת הפצה:** איריס חייט | **דפוס:** ע.ר. הדפסות בע"מ | **מוציאים לאור:** "אודיסאה – מסע בין רעיונות", מיסודה של חברת "טבע" © כל הזכויות שמורות | **כתובת לפניות:** ת"ד 15055 רחובות 76150, odyssey@odyssey.org.il

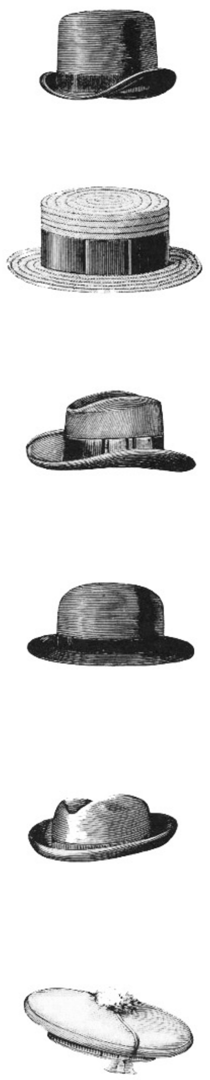
השער: פרט מתוך שטר ישן של 10 לירות, בעיצוב האחים שמיר

"אודיסאה – מסע בין רעיונות": כתב־עת העוסק במחשבות, רעיונות, דילמות וויכוחים המתקיימים בחזית העשייה המדעית והפילוסופיה העכשווית. כתב־העת מכוון ליצירת חיבור בין מדע לחברה ובין רעיונות לתוצאותיהם ולמשמעותם. חברת "טבע" מוציאה לאור את "אודיסאה" כחלק מפעילותה לקידום המדע והתרבות בישראל

רוצים לעשות מנוי?
03־9411621
052־9993111
www.odyssey.org.il

על מה ויתרנו מוקדם מדי, כחוקרים

?



ההבחנה בין חיית המודל לאדם

פרופ׳ חרמונה שורק, נוירוביולוגית מולקולרית, האוניברסיטה העברית

המחקר הביו־רפואי המתועד החל עוד בסין, במצרים וביוון העתיקה, והתמקד בעיקר בבני אדם. במאה ה־19 חיפשו החוקרים את מקורו האבולוציוני של האדם, ובהקשר זה עברו מחקריהם לעסוק ביצורים חיים אחרים.

במאה ה־20 התפתחו שני כיווני מחקר מקבילים: מחד, פרויקט גנום האדם על השלכותיו המהפכניות והתובנה של הצורך ברפואה מותאמת אישית, ומנגד – מחקרים מעמיקים במערכות מודל מגוונות של יצורים רבים ושונים, הכוללים תולעים שטוחות, זבובים ויונקים, ובעיקר עכברים.

הכלאות מבוקרות והנדסה גנטית אפשרו לייצר חיות מודל מעולות ולבטל את הקושי הכרוך בשונות גנטית בין הנבדקים. הבעיה היא שגנום האדם אינו זהה לזה של חיות המודל, ובני אדם ממשיכים להיות שונים זה מזה, כך שהמחקר בהם מורכב וקשה הרבה יותר. לכן התרחב הפער בין מחקרים בחיות למחקרים בבני אדם ונוצרו תחומי מחקר נפרדים עם כללי עבודה שונים ומטרות שונות.

למעשה ויתרנו בכך כחוקרים על ההכרח המתמיד להשוואה בין מערכות המודל הנחקרות במעבדה למטרות שלשמן נועדו, ורבים מן המחקרים בחיות המודל המדמות תהליכים בבני אדם מתייחסים לחיות המעבדה כמשקפות את האדם במדויק. זניחת ההבחנה בין עכבר לאדם (למשל, פיתוח תרופות הפועלות היטב בעכבר אך לא ברור אם יתאימו לבני אדם) מוותרת בעצם על המטרה המקורית שלשמה נוצרו חיות המודל הללו ומצמצמת את סיכויי ההצלחה של המחקרים המבוצעים בחיות.

חקר הים

פרופ׳ צבי בן־אברהם, ראש המרכז הישראלי לחקר הים התיכון,
אוניברסיטת חיפה ואוניברסיטת תל אביב

למרבה ההפתעה, חקר הים נמצא בחיתוליו והמחקר שקשור אליו עוסק ברובו בהיבטים מאוד בסיסיים. על אף העובדה שהים מהווה כ־70 אחוזים מפני כדור הארץ אנו יודעים עליו מעט מאוד, ובהרבה מובנים הוא נחקר פחות מכמה מגרמי השמים. הטכנולוגיה הדרושה לחקר הים מורכבת לא פחות מזו שבה משתמשים בחקר החלל, אך המשאבים שהושקעו בחקר זה נמוכים לאין ערוך.

מהמחקרים הראשוניים שנעשו בים באמצעים מתקדמים התגלה שהים טומן בחובו אוצרות רבים. הבולטים שבהם הם אוצרות טבע כמו נפט, גז ומינרלים נוספים וכן חומרים מתחום המזון והרפואה שחשובים לפתרון בעיות עולמיות. כתוצאה מכך נכנסו גורמים כלכליים חזקים לתחום, כגון חברות נפט וחברות תרופות עתירות כסף וטכנולוגיות, עניין שהוא בבחינת אליה וקוץ בה. מחד, השקעות אלה עוזרות לחוקרי האקדמיה במחקר הבסיסי, מאידך – הן מכתיבות לא אחת את תחומי המחקר שנעשים מכווני מטרה ומובלים על ידי התגליות או צורכי השעה (גז, התפלה, נמלים, איים מלאכותיים).

לפיכך, עקב העלות הרבה, נאלצים החוקרים במקרים רבים לוותר על חקר הים לשם הידע וההבנה הטהורים. שאלות בסיסיות עדיין נותרות בלתי פתורות, ומידע בסיסי עדיין חסר. דוגמה לכך ניתנת מדי פעם בעת חיפושים נואשים אחר מטוסים או צוללות שאובדים במקומות שונים באוקיינוסים, שבהם קיים חוסר ידע לגבי צורת ומבנה הקרקעית ואי הבנה בסיסית של משטר הזרמים באזור.

תחומים חשובים כגון חקר הקרקעית והתת–קרקעית, הביולוגיה הימית במים ועל הקרקע, ההרכב הכימי של המים ותנועת מאסות המים בעומקים השונים, לצד ארכיאולוגיה והיסטוריה ימית, מחכים להקצאת משאבים. בנוסף, אנו כחוקרים בעידן המודרני נדרשים לא אחת לפרסום מהיר של עבודות כתוצאה מהתחרות הרבה, ולמעשה מוותרים על הנאת ביצוע מחקרים לטווח הארוך. ❮

הזיכרון

פרופ׳ ישי רוזן צבי, ראש המגמה לתלמוד וספרות העת העתיקה,
החוג ללימודי התרבות העברית, אוניברסיטת תל אביב

חכם בבלי אחד מלין בתלמוד על אנשים שנוהגים לקום כאשר עובר בפניהם ספר תורה, אך לא קמים מפאת כבודו של תלמיד חכם (מכות דף כב עמוד ב). בעיני התלמוד, החכם, חובש בית המדרש, היה בעצמו ספר תורה מהלך, שכן הוא אצר בתוכו את כל הידע כולו. כל תורתם של החכמים נשנתה אך ורק בעל פה (ומכאן שמה "תורה שבעל פה"). גם לאחר שנכתבה הספרות התלמודית, אי שם בראשית ימי הביניים, המשיכו החכמים לגרוס אותה קודם כול על פה. לימוד בעל פה הוא מרכיב מרכזי של החינוך ב"חיידר" ובתלמודי התורה המסורתיים עד היום הזה.

באקדמיה העכשווית, לעומת זאת, אין כל עיסוק בשינון או בבקיאות. התפיסה המקובלת היא שתוכנות החיפוש הפכו זאת לעניין מיותר ומיושן, השייך לשטעטל אך לא למסדרונות האוניברסיטה.

אלא שלא כך הוא. הזיכרון אינו רק עניין טכני שיכול להיות מוחלף על ידי חיפוש ממוחשב, אלא הוא המאפשר ללומדים לחשוב, לחוש באי התאמות, להרגיש שינויים בשפה, למצוא קישורים לא צפויים. לא מדובר רק בשליפה של מילים או של מקורות שניתן לעשות באופן מכני, אלא בתהליך המחשבה והניתוח עצמו.

למעשה יש כאן משהו עמוק יותר הקשור לעצם הווייתנו כלומדים. פסיכולוגים עוסקים הרבה במרכזיות הזיכרון בעיצוב האישיות שלנו. במובנים רבים, הם טוענים, "אני" אינני סך האירועים שקרו לי, אלא מה שאני זוכר מהם. ראוי שחוקרות וחוקרים יבינו שתובנות אלה תקפות גם לגבי אישיותנו המחקרית. השינון מאפשר לחומר להיטמע בתוכנו, ואז לצאת מחדש כשהוא עובר עיבוד ביקורתי. זו תשתיתה של היצירה.

חשיבות לימודי ההיסטוריה להבנת העולם

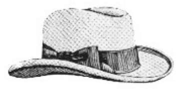
פרופ׳ איריס רחמימוב, היסטוריונית של אירופה המודרנית
באוניברסיטת תל אביב ועורכת כתב העת זמנים

"כל השאר מלמדים היסטוריה", הכריזה לפני חודשיים באותיות ענק מודעה של המרכז הבינתחומי בהרצליה, בהציגה בפני צעירים את מעלות המוסד. קריאה סלחנית תאמר שמנסחי המודעה התכוונו לומר "כל השאר רק מלמדים היסטוריה", בעוד במרכז הבינתחומי גם עושים אותה, אבל כיוון שהמכללה באמת אינה מלמדת היסטוריה הועדף כנראה הנוסח הזה.

קריאה פחות רחמנית תגרוס שיש כאן חזרה על הצהרתו מלפני כמה שנים של שמעון פרס ("אם זה היה תלוי בי, אני הייתי מבטל את לימודי ההיסטוריה. הרי בעידן האינטרנט אין טעם לשנן כמה אנשים נפוליאון הרג") ועדות נוספת לתדמית הנמוכה של לימודי ההיסטוריה וחקר העבר.

כמרצה להיסטוריה וכחוקרת התחום אני מופתעת בכל פעם מחדש שאנשים רבים – ואפילו משפיעים – סבורים שלימוד היסטוריה הוא שינון תפל של מידע נטול הקשר. היסטוריה היא אחת הדרכים המרכזיות להבנת עולם בני האדם: כפי שאנו מנסים להבין כיצד חיינו האישיים התהוו – על הבחירות שלנו, הנסיבות שבהן חיינו והאירועים שעברנו – כך אנו מנסים גם להבין מה חשבו, עשו והרגישו אנשים בעבר הקרוב והרחוק: נשים וגברים, ילדים ומבוגרים, שועים ואביונים, סטרייטים וקווירים. ההיסטוריה היא על כן מרחב עשיר, פתוח ומסקרן המזמין מחקרים שונים ודעות מנוגדות. כל הפותח עיתון, ספר או עמוד פייסבוק נוכח לדעת עד כמה אנו חיים עם העבר ועם מחלוקותיו: מלחמות ישראל, המעברות והיחס לעדות המזרח, פליטים פלסטינים ויהודים, זכויות להט"ב, טראומה, מדיניות סביבתית, שימוש בסמים, אנטישמיות ועוד.

לימוד היסטוריה הוא אחד האמצעים להכרה רצינית ומעמיקה של עולם בני האדם. ללמוד היסטוריה פירושו להתעניין, לנסות להבין, לקחת אחריות, להפעיל את הדמיון וליצור קשר עם הזולת.



הידברות עם החולים

פרופ׳ ינון בן־נריה, פרופסור במרכז לאוטנברג לאימונולוגיה וחקר הסרטן
במכון למחקר רפואי שבפקולטה לרפואה, האוניברסיטה העברית

צפיתי לאחרונה בסרטו של ניר טויב, "ובחרת בחיים", על מאבקו האישי של יוצר דוקומנטרי במחלת הסרטן, ונזכרתי בנושא מהותי שעליו רבים מאיתנו, חוקרים בתחום מדעי החיים, ויתרנו אולי מוקדם מדי.

הציבור (ממשלות, ארגונים ואזרחים נדיבים) בעולם ובארץ משקיע משאבים רבים במחקר ביו־רפואי על מנת לשפר את תוחלת החיים ואת איכותם. מנגד יש לאזרחים ציפיות כי המחקר יניב פרי גם בזמן אמת, כאשר הם או יקיריהם יזדקקו לטיפול, לעתים קריטי. החולים, וטויב ז"ל הוא דוגמה מאלפת, צמאים לכל טיפת מידע על המתחולל בחזית המדע שעשוי להועיל להם בהווה או בעתיד הקרוב. בעידן האינטרנט יש הרבה מידע זמין ברשתות, אך חסרה דווקא אינפורמציה מקרוב, בלתי אמצעית, של חוקרים המתקשרים ברציפות, במיוחד עם "עניי עירם" – שיח עם מדענים במוסדות מחקר מוכרים וקרובים להם, היכולים להסביר מה מתוך בליל המידע הוא אמין ורלוונטי ולאן שואף המחקר.

יתכן שוויתרנו מוקדם מדי על הידברות ישירה וכנה עם הציבור, כמו זו שנאות לספק לניר רק רופא־חוקר אחד, שפרט למסירות למופת ליקט ומסר מידע עדכני והפגין פתיחות רבה ונכונות להתדיין עם חולה בגובה העיניים, ללא טיפוח אשליות.

שיחק מזלו של טויב והשיח עם אותו רופא מסור סיפק מעבר לניתוב הטיפול גם משמעות למאבקו במחלה ולסבל. לו היינו כולנו ערים לצמא לתגליות במחקר ולרצון להתדיין עליהן, יתכן שגם חולים רבים אחרים היו זוכים לתחושת משמעות דומה שלה כל כך זקוקים אלה השוקלים להתמודד, לא להיכנע, למרות הסבל והקשיים, למען עצמם ולמען חולים דומים.

בני אדם יכולים להיות רציונליים

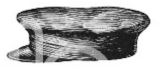
ד"ר אהוד לם, פילוסוף של המדע, מכון כהן באוניברסיטת תל אביב

זיגמונד פרויד כתב לפני כמאה שנה על שלוש המהלומות שספגה הגאווה האנושית מידיהם של קופרניקוס, דרווין ולבסוף מהעבודה שלו עצמו שגילתה לנו שאנו לא "בעלי הבית" של עצמנו, משום שהחשיבה המודעת שלנו היא חלק קטן מחיינו הפסיכולוגיים.

על אף שהפסיכולוגיה הניסויית התרחקה מאוד מפרויד, התובנה שאנו הרבה פחות רציונליים ממה שנדמה לנו רק התחזקה. חוקרי פסיכולוגיה של המוסר כמו ג׳ונתן היידט מראים שהחלטות בשאלות מוסר מושפעות יותר מרגש מאשר מנימוקים רציונליים. לטענתם אנו מתרצים רציונלית הכרעות רגשיות, וברגע שנכיר בכך נוכל לנהל את המתחים החברתיים בין תפיסות עולם שונות באופן סובלני יותר. תחת המותג החביב nudging מסבירים מומחים למדיניות, כמו קאס סנסטיין, כיצד לרתום את ההטיות הפסיכולוגיות של בני האדם כדי לגרום להם לקבל החלטות טובות. למשל, למכור משקאות ממותקים בכוסות קטנות יותר כדי לגרום לאנשים לרזות. אפילו הכלכלנים שמים לב לפער ממודל האדם הרציונלי, והכלכלה ההתנהגותית, כמו שמתוארת על ידי דן אריאלי, מתמקדת בתופעות המדגימות את הפער.

אך הקריאה להרים ידיים מוקדמת מדי. חסידי הרציונליות מעולם לא טענו שאנו חפים משגיאות ומהטיות. רציונליות היא אידיאל שאמור להנחות פעולה ושיחה. ומכאן גם שאי אפשר להבין רציונליות מהסתכלות על יחידים. רציונליות היא של חברה, והיא שמאפשרת להטיות ולטעויות של יחידים להתמזג יחד לכדי מסקנות שאינן שגויות, גם אם אינן מוחלטות ומאפשרות דיון חוזר. מה שמאפשר לתגובות רגשיות להיות חלק משיחה בין אנשים עם תגובות רגשיות שונות הוא המעבר לדיון רציונלי במילים. ובלי שיחה כזו לא תיתכן חברה דמוקרטית.

לטעמי, אבחנות אלה הכרחיות גם על מנת להבין כיצד המוח האנושי נוצר אבולוציונית. הביולוגיה לא צריכה להתעלם מהרציונליות האנושית.



המעמדות העממיים

פרופ׳ דני פילק, המחלקה לפוליטיקה וממשל, אוניברסיטת בן-גוריון

התשובה לשאלה על מה ויתרנו מוקדם מדי כחוקרים, כקהילה אקדמית, היא תמיד יחסית. הוויתור, לפחות במדעי החברה, לעולם אינו מוחלט. גם כשיש פרדיגמה דומיננטית, ישנם קולות אחרים. לכן, על אף שקיימים קולות אחרים, אני חושב שוויתרנו על המעמדות העממיים. לוויתור זה שלושה ממדים.

ראשית, ויתרנו על המעמדות העממיים כמושג הסברי. הרצון להשתחרר מהרדוקציוניזם המעמדי שאפיין את החשיבה המרקסיסטית (ואף על המקום המרכזי של המעמד בגישות הוובריאניות) הביא לוויתור מוקדם מדי על כוחו ההסברי של המושג, בעיקר בנוגע למעמדות העממיים. יש כמובן בעולם, אך במיוחד בישראל, סיבות לכך: השינויים המשמעותיים שעברו על מעמדות אלה – כולל הצטמצמותו של הפרולטריון התעשייתי המסורתי; צמיחתם של תנועות חברתיות חדשות ושל סובייקטים קולקטיביים חדשים; חשיבותן של קטגוריות כגון מגדר, אתניות, לאומיות; ובמיוחד בישראל, האינטראקציות המורכבות בין קטגוריות אלה לבין המושג "מעמדות עממיים". אך גם אחרי שלוקחים בחשבון סיבות אלה, עדיין יש כאן ויתור על פרספקטיבה מרכזית להבנת החברה הישראלית.

שנית, ויתרנו על המעמדות העממיים כסוכן ידע. אין אצלנו תופעות הדומות לאפידמיולוגיה העממית. האפידמיולוגיה העממית היא שילוב של דרך ליצור ידע ותנועה חברתית, שמשמעותה ניכוס ועיבוד של "ידע מומחים", ויצירת ידע חדש על ידי אזרחים. המעמדות העממיים הופכים ליוזמים/מפיקים/מנתחים/מפרשים של מחקר על אודות בריאות ואוכלוסייה. האפידמיולוגיה העממית יצרה ידע שאי אפשר היה לייצר אותו בדרך אחרת, והעשירה את היכולת שלנו להבין, בין היתר, היבטים של הקשר בין סביבה לבריאות. ויתור על פרספקטיבה זו משמעותו ויתור על הבנה עמוקה יותר של תהליכים חברתיים.

שלישית, ויתרנו על המעמדות העממיים כשותפים לקהילה האקדמית, כשזאת נבנית ומתוחזקת באופן שאינו מאפשר את שיתופם של הראשונים באופן אמיתי. ממד זה של הוויתור על המעמדות העממיים הוא החמור מבין השלושה.

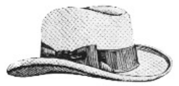
איטיות

פרופ׳ רפי גרינברג, ארכיאולוג, אוניברסיטת תל אביב

במחקר, כמו בבישול ובאהבה, יש יתרונות רבים לאיטיות. האיטיות – הזמן שמוקדש לרפלקסיה ולהעמקת החקר – היא אחד מקווי ההגנה של האמת מול המפלצת מרובת הראשים של השטחיות, השרלטנות והסילוף. "חארטה היא בלתי נמנעת כאשר הנסיבות דורשות מאדם לדבר מבלי לדעת על מה הוא מדבר", קבע הפילוסוף הארי פרנקפורט, וכאשר חוקר זריז מפסיק להסס, הוא מעמיד את עצמו בסכנה כזו.

הדרישה לתוצאות מהירות נלווית להשתלטות חשיבת השוק על האקדמיה. חשיבה זו מבקשת לכמת, למדוד, להעריך וליעל את התפוקות האקדמיות בהתאם לתורות הניהול הפופולריות, ומדרגת את המוסדות בהתאם. "איננו מאמינים בשיטות הדירוג", מסבירים לנו פרנסי האוניברסיטה־באשר־היא ונשיאיה, "אבל עלינו לשמר את המיקום הגבוה לו זכינו / לשפר את מעמדנו בעולם". ועדות העוסקות במינויים ובקידומים באקדמיה יודעות תמיד לבדוק את תפוקת המועמדים מול גילם (ורצוי שיהיה צעיר ככל האפשר), אך כיצד ימדדו את תבונתם או את השפעתם לאורך זמן? לא במקרה ניתנים פרסי נובל במדע רק עשור ויותר לאחר פרסום הגילוי שהוא עילתם, ולפעמים מדובר בגילוי שתואר בחיבור אחד המסכם שנים של עבודה.

הדיגיטציה ומסחור העיתונות המדעית (שנשלטת כיום בידי מספר תאגידים למען רווח) מקדמים את השכפול וההפצה המהירים של הידע, אך אלה כמעט שהעבירו מן העולם מספר פרקטיקות שנועדו לבלום פרסום נמהר: הדיגיטציה העלימה את הטיוטה, אותה גרסה ראשונה, שנייה ואף שלישית הנזרקת לבסוף לפח (או נשמרת לשם מעקב אחר שלבי זיכוך הכתיבה), ואת ההגהה, אותו שלב שבו אנו מפקידים את כתיבתנו בידי נודניק נוקדני, הדורש שכל מילה וכל אות תהא במקומה (הנודניק הוחלף בתוכנות איות



מטומטמות). מלאכת העריכה, האויבת המושבעת של הפרסום המרושל והמהיר, הולכת ונכחדת. בעולם של סלבריטאות מחקרית, ההצגה או ה"הרצאה" (במיוחד זו המקוונת) תופסות את מקומה של ההגות, והרפליקה תופסת את מקומה של התשובה המדודה.

"מחשבות חרוץ אך למותר, וכל אץ – אך למחסור" אמר החכם מכל אדם. מדע מהיר אינו מדע כלל.

הדמיון הפוליטי של הציבור

פרופ׳ ירון אזרחי, המחלקה למדעי המדינה, האוניברסיטה העברית

הקטגוריה הכי מוזנחת, המושג הכי נעלם בתיאוריה פוליטית מודרנית הוא הדמיון הפוליטי של הציבור ותפקידו המרכזי בעלייתם ובנפילתם של משטרים.

בפרספקטיבה היסטורית המאבק על הדמיון הפוליטי של הציבור הוא עתיק יומין. אפשר להזכיר את משל המערה של אפלטון המתייחס לציבור הכלוא במערה שידיעתו את העולם מוגבלת לצללים שעל קיר המערה עד שהפילוסוף פורץ החוצה וחוזר עם המסר של האור והאמת התבונית שמחוץ למערה. זה היה כמובן דמיון (political imaginary) או אלגוריה שהיתה אמורה להצדיק שלטון היררכי אוטוריטרי של מלך פילוסוף באמצעות הדמיון של הפילוסופים במקום הדמיון של הציבור הדמוקרטי. הובס גרס כאלפיים שנה לאחר מכן שבני אדם סוגדים ליצורי דמיונם. הוא התרשם מהיכולת של הדמיון לייצר דתות ותיאוקרטיות בימי הביניים, והחליט לרתום את הדמיון הציבורי לייצר סדר פוליטי חילוני המבוסס על הפיקציה של אמנה חברתית. הנאורות ניסתה להדיר את הכוח של הדמיון הדתי והפוליטי הציבורי כדי לחזור לוורסיה של שלטון השכל האפלטוני ולפנות מקום לדמיון של התבונה ולמפעל המדעי.

למרות השפעת הוגים כדקארט, קאנט, הגל, ובמאה ה־20 דיואי, כיום אנו יודעים שהצללים על קיר המערה הם כל מה שיש, ושום אור חיצוני לא יביא לנו את האמת האולטימטיבית. המדעים יכולים רק לשכלל את ההיסקים שלנו מן הצללים.

כיום תיאוריות על בחירה רציונלית של מדיניות ציבורית ושיח ציבורי תבוני היכול לייצר קונצנזוס הם שרידים שמרניים של הנאורות, בעיקר במדעי המדינה והכלכלה.

ג׳אמבטיסטה ויקו, ההוגה האיטלקי שפרסם את ספרו המונומנטלי "המדע החדש" בראשית המאה ה־18, כבר הזהיר שלפיקציות מעוררות אמון יש השפעה יותר גדולה בהיסטוריה מל"אמיתות" שהציבור לא מאמין בהן. הוא גרס שהאדם מדמיין לפני שהוא חושב, והשלים אחריו רוסו כשטען "אני מרגיש לפני שאני חושב".

לאחר הזנחת כוחו של הדמיון שפגעה בהבנת ההתנהגות האנושית במשך שנים רבות, מתחילה מהפכת התקשורת ההמונית בזמננו להחזיר את המודעות העתיקה להשפעת הדמיון הציבורי היוצר ורגשותיו המתחלפים של הציבור על עיצוב ותחזוק הסדר הפוליטי למרכז החשיבה בתחומי ההיסטוריה הפוליטית ומדעי המדינה של זמננו.

חקר המחזה הכתוב

ד"ר שרון אהרונסון־להבי, לימודי תיאטרון ומופע במחלקה לספרות משווה, אוניברסיטת בר־אילן

תחום מחקר התיאטרון עבר שינויים רבים בעשורים האחרונים. באופן היסטורי "לימודי תיאטרון" היו למעשה לימודי "דרמה", כלומר מחקר שעסק במחזה הכתוב כעיקרו של המופע התיאטרוני. בהתאם לכך התמקד המחקר במה שניתן לכנות ההיבטים ה"ספרותיים" (צורניים ותוכניים כאחד) של דרמה כתובה.

לאורך המאה ה־20 עלה וצמח תחום מחקר התיאטרון (theatre studies) אשר הסיט את הדגש האנליטי אל עבר הצגת התיאטרון בתור אובייקט המחקר העיקרי. שינוי זה הצריך מערכת מתודולוגית חדשה, אשר לפיה המחזה הכתוב הנו רק מרכיב אחד של היצירה התיאטרונית בעבר ובהווה. לאור זאת התהוותה ספרות מחקרית ענפה ומרשימה העוסקת בתיאוריה של תיאטרון, ובכלל זה מתן דגש על אמנות הבימוי כלב מושא המחקר. ❯

בעשורים האחרונים חל שינוי נוסף עם צמיחת תחום לימודי המופע (performance studies), אשר הרחיב שוב את הדיסציפלינה והדגיש את הקשרים בין אמנות התיאטרון לתיאוריות מתחום מדעי החברה, מתוך הבנת האירוע התיאטרוני לאו דווקא כיחידה אמנותית אוטונומית המתקיימת "בפני עצמה" וכזו המייצגת "עולם בדיוני", אלא כביטוי למערך מורכב של סוגיות חברתיות ותרבותיות בנות הזמן והמקום ותוך מתן דגש על ה"אירועיות" המתרחשת במפגש החי בתיאטרון.

הדגש על הקשרים שבין מופע תיאטרוני למופעים תרבותיים אחרים, ובכלל זה טקסים מסוגים שונים או מופעים שאינם מבוססים על מקור טקסטואלי מובהק, כמו גם צמיחת תחום אמנות המופע (performance art), אשר מדגישה את זהות האדם המופיע/ה ולא את ה"דמות" המגולמת או את העלילה ה"בדיונית", גרמו אט־אט להתרחקות המחקר מן הטקסט הדרמטי הכתוב, מדיון בסוגות דרמטיות וממה שניתן לכנות היסודות ה"ספרותיים" של יצירות תיאטרון ומופע.

מדובר כמובן באתגר מורכב לנתח אירוע תיאטרוני ומופעי תוך העמקה במקורות הספרותיים והתרבותיים שבתשתיתו, אבל חבל לוותר על זה. ✕

חידת אודיסאה

ד"ר גיל אלון

כנגד ארבעה בנים

ארבעת הבנים שבהגדה נולדו בהפרשים של שנה זה מזה. הבן הרשע טוען שמכפלת הגילים שלהם היא ריבוע של מספר שלם. איך נוכיח שהוא טועה?

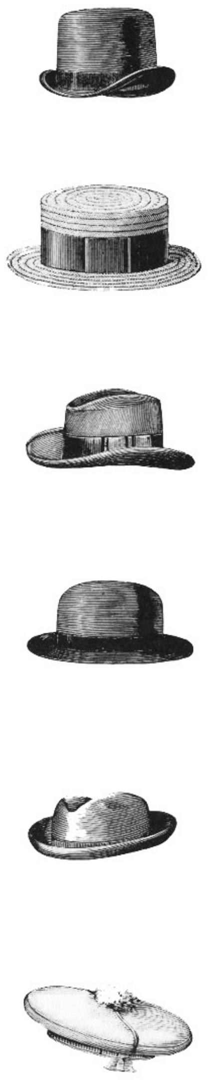
פתרון החידה יתפרסם בגיליון "אודיסאה" הבא. בין הפותרים נכונה יוגרלו פרסי ספרים. את הפתרונות יש לשלוח לכתובת:
odyssey.math1@gmail.com

איור: נחום גוטמן

פתרון החידה הקודמת – בחירות למועצה החשאית:
נמספר את חברי הכת במספרים מ־1 עד 100. לצורך הצגת הפתרון נדמיין שחברי הכת מסודרים במעגל לפי המספרים, ושעשרת הנבחרים מחזיקים כובעים. בשלב הראשון כל נבחר מעביר את הכובע לאדם שלימינו (כלומר לאדם בעל המספר העוקב לו, ו־100 מעביר ל־1). לאחר מכן, בכל פעם שאחד הנבחרים המקוריים מקבל כובע, הוא מעביר אותו לאדם שמימינו, ומי שמחזיק שני כובעים מעביר אחד מהם לאדם שמימינו. כך ממשיכים, עד שהכובעים נמצאים בידי עשרה אנשים שונים שאינם הנבחרים המקוריים, ואלה האנשים שיפורסמו. לדוגמה, אם הנבחרים הם 1,5,6,7,8,20,21,23,24,100, יפורסמו נבחרים מספר 2,3,9,10,11,12,22,25,26,27. כדי לשחזר את הנבחרים המקוריים מבצעים תהליך הפוך שבו מעבירים את הכובעים שמאלה.

בין הפותרים זכו אבנר טייב ואורית גבע בפרסי ספרים.

המעוניינים להציע חידות מקוריות מוזמנים לכתוב ל־odyssey.math1@gmail.com



אולי בסין

ייתכן שהבנת המודל הבסיסי של הכוחות הפיזיקליים בטבע לא תקרה בשוויץ. למרות הציפיות של חלק מהמדענים, המאיץ הענק בסרן אינו גדול דיו לביצוע המשימה. בקרב הפיזיקאים הולכת ומתבררת ההבנה שככל שסדרי הגודל הנחקרים הולכים וקטנים, נחשפת חוקיות שונה המחייבת ניסויים במאיץ עוצמתי הרבה יותר. הסינים כבר התחילו לחשוב על בניית כלי שכזה, ושאלת השאלות – האם יש רזולוציה סופית שבה מתאחדים כל הכוחות לנוסחה אחת, אולי תקבל מענה מאזור בייג׳ינג

פרופ׳ זוהר קומרגודסקי

איור: עמוס בידרמן

חוקי הפיזיקה של ימינו מהווים, כידוע, מסגרת יציבה ואמינה שמסבירה כמעט את כל תופעות הטבע שנצפו אי פעם, ומה שאיננו מבינים מגדיר את גבול הידע האנושי. הגבול הזה הולך ומתקדם בזמן. עד לפני שישים שנה לא היה ברור מה קורה בגרעין האטום, והיום ניתן לנבא תהליכים תוך־גרעיניים מורכבים בדיוק רב וברמת אמינות גבוהה ביותר. אין כרגע יסוד להניח שישנה תופעת טבע שלא נוכל להסבירה אי פעם בעתיד.

הסיבה המרכזית לכך שחוקי הפיזיקה כל כך שימושיים קשורה למושג הסימטריה. תורת היחסות הכללית תקפה גם על גלקסיית אנדרומדה, והיא היתה תקפה גם בעידן שבו דינוזאורים התהלכו על פני כדור הארץ. דהיינו, ניתן לומר שחוקי הפיזיקה אינם משתנים כתוצאה מהזזות במרחב או בזמן. למה הדבר דומה? למעגל הנראה זהה גם אם מסובבים אותו בזווית כלשהי סביב צירו.

אולם חוקי הפיזיקה משתנים כאשר אנו מתבוננים בעולם ברזולוציות שונות. על סקלות מאוד גדולות, למשל, בתיאור תנועת כוכבי הלכת במערכת השמש, תופעות קוונטיות הינן זניחות, בעוד שתופעות גרוויטציוניות מאוד חשובות. לעומת זאת, אם ברצוננו לתאר את מבנה מולקולת המים, תופעות כבידתיות הן זניחות לחלוטין, בעוד שתופעות קוונטיות הן הדומיננטיות. לכן, מצד אחד העולם הוא פשוט ממה שהוא יכול היה להיות, כיוון שחוקי הפיזיקה אינם תלויים במקום או בזמן. מצד שני העולם אינו מקום משעמם לחלוטין, כיוון שבסקלות מרחק שונות (כלומר ברזולוציות שונות) חוקי הפיזיקה משתנים בצורה דרמטית.

מקריות חשודה

אחת מחזיתות המדע החשובות ביותר, הן מבחינה היסטורית והן מבחינה רעיונית, היא הבנת העולם ברמת המיקרו. כלומר, כאשר אנחנו הולכים ומקטינים את סקלת המרחק שאנו בוחנים. תופעות שקשורות לתהליכים כימיים סטנדרטיים מתרחשות בטווחים טיפוסיים של מיליארדית המטר (0.000000001) ואנחנו מבינים לגמרי את חוקי היסוד של הפיזיקה במידות מרחק אלה. זו הממלכה של האלקטרודינמיקה הקוונטית. השלב הבא הוא תופעות גרעיניות. הללו קשורות לפיזיקה במרחקים מסדר גודל של מיליונית המיליארדית של המטר. הפיזיקה במרחקים אלה מסובכת יותר, אך היא לחלוטין עדיין מובנת עקרונית (התיאוריה

הרלוונטית נקראת כרומודינמיקה קוונטית). לאחרונה הושלם אף הפאזל של הבנת הפיזיקה בסדרי גודל של מיליארדית המיליארדית המטר.

גילוי היגס, אשר נובא משיקולים תיאורטיים לפני כמה עשרים, הושלם כידוע במעבדה בסרן, שוויץ. גילוי זה הביא להבנה כוללת ומלאה של הפיזיקה במרחקים הזעירים הללו, וכעת יש בידנו מודל פיזיקלי (המודל הסטנדרטי) אשר באופן עקרוני יכול לספק תשובה מוחלטת וחד-משמעית לכל שאלה שנוגעת לפיזיקה עד מרחקים מסדר גודל של מיליארדית המיליארדית המטר.

גילוי היגס הביא להבנה כוללת ומלאה של הפיזיקה במרחקים זעירים מסדר גודל של מיליארדית המיליארדית המטר. אבל אם מנסים להשתמש במודל הסטנדרטי כדי להבין מה קורה בסקלות קטנות עוד יותר נתקלים בבעיות אסתטיות וקונספטואליות מטרידות

מדובר בהישג אינטלקטואלי מהמעלה הראשונה, והאנושות צריכה להתגאות בכך. אולם אליה וקוץ בה. חלקיק היגס הגיע עם תאריך פקיעת תוקף. שכן אם מנסים להשתמש במודל הסטנדרטי כדי להבין מה קורה בסקלות קטנות עוד יותר (למשל, קטנות בפקטור מאה ממיליארדית מיליארדית המטר), נתקלים בבעיות אסתטיות וקונספטואליות מטרידות.

למען ההבהרה, הבה נדמיין למשל ערמה ענקית של מטבעות של עשר אגורות, בסכום כולל של עשרת אלפים שקלים. כעת נדמיין שאנחנו מחלקים את הערמה לשתיים באופן אקראי לחלוטין. כעת נניח שלאחר ספירת הסכום הכללי בכל ערמה התברר שסכום הכסף בשתי הערמות נבדל בעשר אגורות בלבד(!). הבדל קטן זה מטריד, ואולי מרמז על מכניזם שגרם לכך שיקרה. למשל, שבזמן החלוקה התבצעה שקילה מאוד מדויקת של שתי הערמות. סביר הרבה יותר היה לצפות שההבדל בסכומים שבין שתי הערמות יהיה מסדר גודל של אלפי שקלים.

זו, אם כן, תמצית הבעיה שבה אנו נתקלים בבואנו להשתמש במודל הסטנדרטי לניבוי תוצאות של תהליכים המתרחשים בסקלות קטנות מאלה שנבחנו עד כה. ככל שאנחנו מנסים לדחוף את המודל הסטנדרטי לסקלות אלה, הקטנות יותר, הבעיה מחמירה, ואנו נתקלים בצרופי מקרים בלתי מוסברים, שהולכים ונראים מסתוריים יותר ויותר.

תיאורטיקנים רבים מניחים שהעניין מרמז על פיזיקה חדשה, כלומר על אודות מכניזם אחר, או חוק טבע שטרם התברר ואולי כבר קיים לבחינה בסקלות של מאית המיליארדית המיליארדית של המטר. לפי שעה איננו יודעים אם כך הדבר ולא נדע אלא אם כן נבדוק. בכל מקרה, אנחנו חייבים לדעת את התשובה לשאלה הזו, כי זה ההמשך הטבעי למסורת שהנחילו לנו אבותינו החוקרים הקדמונים, כחלק בלתי נפרד מהסקרנות האנושית.

היי מזרחה

פרקטית, ובאופן גס, עניין זה מעלה את הצורך לבנות מאיץ שעוצמתו גדולה לפחות פי עשרה מהמאיץ שקיים היום בשוויץ, ובנייה זו כרוכה בכריית מנהרה בעומק של עשרות מטרים מתחת לאדמה, שמידות היקפה כשמונים עד מאה קילומטרים, בחיבורם של אלפי מגנטים מוליכי-על, שכולם צריכים לשהות בטמפרטורה הקרובה לאפס המוחלט ובאין-ספור סיבוכים הנדסיים טכנולוגיים שטרם ברור לחלוטין אם פתירים הם.

השלמת פרויקט מסדר גודל שכזה תהווה, ללא ספק, הישג טכנולוגי מרשים ביותר, וההיסטוריה מלמדת שפרויקטים כאלה משרתים לא רק את המדע הטהור, אלא אף ענייני חולין בחייו של כל אדם. טכנולוגיות רבות שנמצאות היום בשימוש יומיומי נבעו מניסויים מדעיים. האינטרנט עצמו הומצא כדי לשרת את קהילת הפיזיקאים בשוויץ כשעבדו על ניתוח נתונים מהמאיץ בסרן בשנות השבעים. כמות הנתונים הגדולה אז והקשרים הפנימיים בין קבוצות הנתונים הכריחו את המדענים למצוא דרך יעילה לנהל את המערכת, מה שהוביל לאינטרנט בסרן. הכלל הוא, כשדוחפים את ההנדסה, הטכנולוגיה והפיזיקה לקצה, משהו טוב יוצא בסוף, שכן שאיפות גדולות וקוצר זמן מהווים זרז יעיל לגילויים חשובים.

ככל שאנחנו מנסים לדחוף את המודל הסטנדרטי לסקלות קטנות יותר אנו נתקלים בצרופי מקרים בלתי מוסברים, שהולכים ונראים מסתוריים יותר ויותר. תיאורטיקנים רבים מניחים שהעניין מרמז על פיזיקה חדשה, כלומר על אודות מכניזם אחר, או חוק טבע שטרם התברר

מאיץ החלקיקים הגדול בשוויץ. סקלת מדידה של מאית מיליארדית המיליארדית של המטר מחייבת כלי גדול יותר | צילום: CERN

עלות פרויקט מסדר גודל שכזה מוערכת בכמה מיליארדי דולרים בשנה. טיפה בים בעבור מדינות מסוימות על הגלובוס. בהתחשב בכך שההקמה יוצרת מקומות עבודה והבאת מדענים מהטובים בעולם בעלי ידע טכנולוגי מתקדם מקדמת את המדינה המארחת, העסק נראה כבר משתלם. לפיכך מסתמן כרגע שסין מאוד מעוניינת באירוח, והאזורים שמתוכננים למיקום הפרויקט נמצאים לא רחוק מבייג'ינג הבירה (המיקום הסופי טרם נקבע סופית).

בכל מקרה, נכון לימים אלה בסין כבר דנים בפרטים, בניסיון לשלב את הפרויקט בתוכנית החומש של המדינה. הנחת מובילי המאיץ היא, ששילוב בתוכנית החומש הלאומית תביא לתמיכה ארוכת טווח, מעבר לחמש השנים הראשונות. הפיזיקה והפוליטיקה שזורות פה, כמו תמיד, וישנן עדיין סוגיות רבות (גם אתיות) המצריכות שיקול דעת יסודי.

הנה כי כן, לא מן הנמנע שמרכז חקר פיזיקת החלקיקים באנרגיות גבוהות יעבור מזרחה לסין, ואם מהלך זה ייצא לפועל, הבנייה תימשך כעשר שנים. סביר להניח גם שהתהליך ייעשה במספר שלבים, עם מרווחים, כדי לתת לסינים שהות להטמיע את הידע הטכנולוגי הכרוך בהקמה. ייתכן, למשל, שבשלב הראשון תיכרה תעלה בחצי ההיקף המתוכנן וייבנה מאיץ שמטרתו מדידת תכונות חלקיק ההיגס בדיוק גבוה בהרבה ממה שהן ידועות כרגע. בכל מקרה, לתיאורטיקנים מובטח עניין בחיים. אם יתברר, למשל, שאי אילו מתכונות ההיגס אינן בהתאמה למודל הסטנדרטי, תהיה זו הוכחה חותכת וסופית לכך שאנחנו לא מבינים משהו חשוב. וגם זו סנסציה.

מה יהיה על המאיץ בשוויץ? ובכן, ישנם פרויקטים רבים, מעניינים וחשובים, שמאיץ זה מסוגל לעשות, אחרי שדרוגים ושינויים מסוימים, וייתכן אף שהאירופים יחליטו לשנס מותניים ולהתחרות בסין.

ולשאלת השאלות: האם בסופו של דבר תתגלה אמת אחת שתתאים לכל סקלת סדרי הגודל? תשובה: את זאת איננו יודעים. מחד, יכול להיות שיתגלו מערכות חוקים שונות ככל שנעמיק לעבר רזולציות גדולות יותר, ומאידך, אולי נגיע יום אחד, כפי שמשוכנעים פיזיקאים רבים, אל אותה תחנה סופית שבה תתבהר מערכת החוקים הבסיסית של הטבע, האחת שאין בלתה. נקודה זו עדיין רחוקה מהישג יד האדם, ובכל מקרה, אם אתם מתכננים נסיעה קרובה לסין, אל תשכחו לקחת איתכם את חפירה.

האמת על המצאת הגלגל

התפיסה הפופולרית של "המצאת הגלגל" מייחסת את ההברקה הטכנולוגית לגברים מתקופת האבן שזוכים בהארה פתאומית שמובילה אותם הישר לעידן הרכב. האמת הארכיאולוגית שונה בתכלית: "המצאת הגלגל" קשורה בגילוי האנרגיה הקינטית הגלומה בגלגל הסובב על ציר, והגלגלים הראשונים הם גלגלי תנופה של הכישור ואבני היוצר – שני מכשירים בעלי קשר מובהק ליצירה נשית

פרופ' רפי גרינברג

"המצאת הגלגל" קשורה בתודעה הפופולרית, כמעט בלעדית, בגלגל הרכב, והדימוי החזותי הנפוץ של המצאה זו מציג "איש מערות" אטום־מבע החוצב גלגל מאבן ומנסה להבין איזו תועלת תצמח ממנו. דימוי זה מהווה אחד מהביטויים הברורים לכך שתפיסת העבר שלנו אינה אלא ניסיון להשתית את ערכי ההווה על אדנים קדומים: הגלגל נתפס כמרכיב טבעי בארגז הכלים של הגבר היוצא אל העולם ומתנייע בו. כך קרה שבביקור בגני וילה בורגזה שברומא לפני כשנה הבחינה זוגתי כי בין עשרות המשפחות והזוגות הנוסעים בעגלות דיווש ברחבי הגן לעולם יופקד ההגה בידי הגבר, גם, ואולי במיוחד, כאשר מדובר בשעשוע של סוף שבוע.

עיון ארכיאולוגי בתולדות הגלגל חושף תמונה קצת יותר מורכבת הקושרת את ראשית הגלגל בראשית הטכנולוגיה המכנית, זמן רב אחרי שיצאו בני האדם מן המערות וכמה אלפי שנים לפני ראשית התחבורה הגלגלית. עם זאת, המטען המגדרי של הגלגל היה נוכח כבר מראשית השימוש בו, לעתים בלבוש מפתיע.

גלגל, כדי שיוכל להביא תועלת כלשהי, חייב להתחבר לציר, ועל כן חיפושנו אחרי הגלגל הראשון יתחילו בהמצאת הציר האנכי כמכשיר להפקת אנרגיה. הצירים הקדומים ביותר היו, יש לשער, מקלות ששימשו להדלקת אש באמצעות חום שהופק מחיכוך. אולם העדויות הקדומות ביותר לשימוש בציר כחלק ממכונה מגיעות ממכלולי חרוזים פרהיסטוריים. ייצור סדרתי של חרוזים קדוחים העשויים מחומרים קשיחים חייב המצאת מקדחה יעילה, ואכן, עקבות הפעלתן של מקדחות זוהו בבדיקות מיקרוסקופיות של חרוזים מראשית התקופה הניאוליתית, לפני כ־11,500 שנה. יתכן שכבר אז גילו הקודחים כי תוספת של משקולת סימטרית סביב הציר תגביר את יציבותו ואת יעילותו של המכשיר, אך אלה טרם נמצאו.

באותה תקופה, פחות או יותר, הספיק האדם להמציא מכשיר נוסף, שעלה בחשיבותו אף על המקדחה, הוא הכישור (או הפלך). הכישור הוא מקל שסביבו כרוך גלגל תנופה העשוי עץ, טין, חרס, אבן או עצם, והוא משמש למשיכת חוטים מפקעת צמר גולמי ולטווייתם. גלגלי הפלך הסימטריים – ובפרט אלה שעוצבו מלכתחילה למטרה זו מחומרים קשיחים – הם, למעשה, הגלגלים הקדומים ביותר המצויים בידינו. הופעתם קשורה לאחת המלאכות המרכזיות של ראשית עידן החקלאות וביות בעלי החיים – מלאכת ייצור הטקסטיל, תחילה מסיבים צמחיים, ומאוחר יותר, בתקופה הניאוליתית המאוחרת (כ־8,500 שנה לפני זמננו), מסיבי צמר.

אם ה"מהפכה" הניאוליתית כולה היא סיפורה של שליטה אנושית באמצעי הייצור והרבייה, שהיו קודם לכן בחזקת מתת טבע, הרי שייצור הבדים מייצג את מלאכות הבית – אותם תחומים יצרניים הפורחים בסביבה מוגנת של מגורי קבע. כיוון שבמרבית התרבויות המוכרות לנו, כולל זו שלנו, מזוהה המלאכה הביתית עם עבודת נשים, הרי אין זה מן הנמנע כי "ממציאי הגלגל" היו ממציאות דווקא. מכל מקום, הגלגלים הראשונים הידועים לנו שימשו למלאכה המיוחסת לנשים.

עם הזמן הלכו גלגלים אלה והשתכללו, עד שבתקופה שבה נתמקד כאן, לפני כ־5,500 שנה (תקופת ייסוד הציוויליזציות הגדולות של שומר ומצרים וראשית בניית הערים באזורנו), הם עוצבו כטבעות בזלת מלוטשות וסימטריות.

הגלגל, הציר והמתח המיני

השלב הבא בפיתוח טכנולוגיית הגלגל וניצול תכונותיו הקינטיות היה שחרור אחיזתו הקבועה, כך שיוכל להסתובב על ציר באופן חופשי ובכיוון אחד. חידוש טכנולוגי זה מופיע לראשונה, במקביל לראשית תופעת העיור במסופוטמיה, בגלגל הקדרים העשוי אבן, שכמה מהדוגמאות הקדומות ביותר שלו התגלו דווקא כאן בארץ. גלגלים אלה הורכבו משלושה חלקים, שני חלקי אבן (אולי כאן המקור של השם "אבניים") וציר עשוי חומר שלא השתמר – מן הסתם גליל עץ. הגלגל הותקן כך שהחלק התחתון הקבוע, בצורת טבעת מנוקבת, שימש כ"שייבה" שהושחל על ציר אנכי יציב, ואילו החלק העליון, שבתחתיתו הותקן שקע לקליטת הציר, שימש כמשטח עבודה המסתובב על הטבעת, סביב הציר.

גם מלאכת הקדרות, ובפרט זו המתרחשת ברמה הביתית, בעבודת יד, מיוחסת ביסודה לנשים. עם זאת, ההשקעה המרובה, הן בגלגלי הפלך מבזלת והן בגלגלי האבניים, היתה כרוכה בעבודה גברית, שכן הבזלת הובאה ממרחקים ועיבודה היה כרוך במאמץ ניכר. יתרה מזאת, ברגע שהאבניים הפכו לחלק מתהליך הייצור הקרמי המתמחה בבתי מלאכה מופרדים, הפכו הם לעתים קרובות לנחלתו של היוצר הגברי.

אבניים של קדרים מתל בית ירח. גילם מתוארך סביב שנת 3,000 לפני הספירה

מכאן עולה, אם כן, התמונה הבאה: בשני תחומים הקשורים באופן מובהק ליצירה נשית – טוויה וקדרות – מתהווה חידוש טכנולוגי הבנוי על האנרגיה הסיבובית של גלגל תנופה אופקי הסובב על ציר אנכי. המתח המגדרי מסתמן ברובד המעשי והסמלי גם יחד: ברובד המעשי עיצוב כלי הייצור הביתיים נעשה בידי גברים למען נשים, ואילו ברובד הסמלי מייצגים הציר והאבן המנוקבת את אקט ההפריה עצמו, שכן הדימוי המיני של הציר הזקוף והגלגל המנוקב חוצה תרבויות.

כך נמשלת מלאכת הטוויה, שבמהלכה תופח סליל הצמר על גבי הכישור, להיריון, ואילו השוואת עבודת היוצר לבריאת אדם מהווה מוטיב קבוע במיתולוגיות השונות סביב העולם. השוואה זו מוכרת היטב גם בתרבות העברית, שכן הכינוי "אבניים" מיוחס במקרא הן לגלגל היוצר – "וארד בית היוצר, והנה הוא עושה מלאכה על האבניים" (ירמיהו י"ח, ג'), והן לרגע הלידה, כמקום שבו אפשר להבחין במין היילוד עם היוולדו: "בילדכן את העבריות, וראיתן על האבניים: אם בן הוא והמיתן אותו, ואם בת היא וחיה" (שמות א', ט"ז).

את המעורבות הגברית בתחום הנשי אפשר לייחס למגמה רחבה הרבה יותר הקשורה תחילה לראשית החקלאות, ובאופן מובהק עוד יותר לראשית העיור והמדינה – הרצון לשלוט בפריון הנשי. לשליטה זו היו השלכות נרחבות: בעיצוב יחסי האישות והמשפחה הפטריארכלית, בקביעת יחסים כלכליים אנכיים (בין־דוריים, בדמות כללי ירושה) ואופקיים (בין־משפחתיים, בדמות קשרי חיתון), בניהול המשק היצרני (העדפת זכרים והגבלת עבודת נשים למלאכות ביתיות), ואף בניהול יחסי החוץ של הקהילה (נישואים פוליטיים). לא קשה לזהות את עקבות ההתערבות הגברית בייצור הנשי גם בימינו – אם זה בשיח סביב "תפקידה" של האישה כיצרנית או כוולדנית, ואם בעיסוקם של מהנדסים וסוכני מכירות (זכרים) בעיצוב ושיווק טכנולוגיה ל"עקרת הבית".

מקורות הגלגל האנכי

עד כאן תולדות גלגל התנופה האופקי העושה את מלאכתו במקום אחד וטומן בחובו את סוד התנועה־ללא־תזוזה, סוד העומד במרכזו של יקום שלם של מכונות הממלאות את עולמנו. מתי והיכן, אם כן, נכנס לתמונה הגלגל "האמיתי", גלגל הרכב האנכי, הגברי, הסובב בעולם על צירו האופקי ונושא את בעליו למרחקים, הרחק מן הבית ומהיושבות בו?

אין ספק כי שאלה זו הציתה את דמיונם של לא מעט חוקרים המבקשים לבסס בארץ כזו או אחרת את זכות ההתהדרות ב"המצאת הגלגל". אולם לכדי מסקנה חד־משמעית הם לא הגיעו. העדויות המוקדמות ביותר לשימוש בעגלות הנוסעות על ארבעה גלגלי עץ הן כולן נסיבתיות: פיקטוגרפים שהוטבעו על לוחות טין בעיר המסופוטמית אורוכ, ובהם מה שנראה כמזחלת על גלגלים (ואולי רק גלילים?); זוג חריצים (קוליסים) באדמת הטיט שמתחת לקבר בצפון גרמניה, ובהם סימנים רבים של גלגלי עגלות; וציורים על גבי כלי חרס מפולין ובהם מה שנראה כמו עגלה, יצול וזוג בהמות המושך בעול. מקבץ עדויות זה, שזמנו סביב 3,500 לפני הספירה, פרוש על פני שטח כה רחב, עד שמתבקשת המסקנה כי הגלגל עצמו הגיע למקומות אלה מנקודה כלשהי בתווך ביניהם, שם הומצא עוד קודם לכן. גלגלי הרכב הקדומים ביותר שנמצאו בפועל הם גלגלי עץ שנשתמרו בשלמות באגמים במרכז אירופה ודגמי חרס ואבן של גלגלים מאתרים ארכיאולוגיים במזרח טורקיה וצפון סוריה. זמנם של אלה מאוחר בכמה מאות שנים לעדויות הראשונות לגלגל – 3,200 לפני הספירה לערך. לגלגלי העץ האירופיים בית־ציר רבוע, המעיד שהם קובעו לצירים, כך שקשה היה לסובב את העגלות שאליהן הם חוברו, ואלה נסעו פחות או יותר בקו ישר.

הנחה נפוצה היא שהולדת העגלה חפפה להמצאת המחרשה וכי שני המכשירים, אשר נגררו על ידי זוג שוורים, שייכים לחבילה טכנולוגית אחת אשר כונתה בשם "מכלול הגרירה" (traction complex). על פי ההנחה הזו יש לחפש את כלי הרכב הראשונים במישורי מסופוטמיה השומרית, שם נולדה החקלאות התעשייתית. אולם אין לכך לא עדות ממשית ואף לא היגיון רב: חקלאי שומר הובילו את מוצריהם בתעלות ובנהרות. כמעט בלתי אפשרי היה לתמרן עגלה בין השדות החרושים ומעברי המים הרבים של דרום מסופוטמיה. סביר יותר להניח שהעגלה התפתחה במקומות שבהם תובלת הנהרות והתעלות לא היתה אפשרית, דהיינו במישורים שמצפון למסופוטמיה. משם עברה הטכנולוגיה דרך ערבות דרום רוסיה עד למרכז אירופה. משנת 3,000 לפני הספירה ואילך מוצאים עגלות כאלה, לעתים בהשתמרות מופלאה בתוך קברים אטומים, לכל אורך המסלול המשוער של נדידתן. כמעט תמיד נראה שמדובר בכלי רכב גדולים, כבדים וטקסיים. ברור שטווח הנסיעה של עגלה כזו היה מוגבל למדי, ובהיותה חסרת בלמים רצוי היה, מן הסתם, להימנע משיפועים תלולים, מעצירות פתאום ומפניות חדות.

ראשית הגלגל הכנעני

את הניידות שאנחנו מייחסים לרכב הגלגלי יש כנראה לחפש בכלי רכב מעט יותר תכליתי וקל תנועה, הלא הוא העגלה הדו־גלגלית (ובל נטעה, גם זו עם גלגלי העץ המלאים והגדולים, משוכה על ידי שוורים, לא היתה בדיוק רכב מרוצים). כך או כך, לעגלה הזו

ציור דגם עגלה
מהקווקז שגילה
מתוארך סביב שנת
2,700 לפני הספירה

המתח המגדרי מסתמן ברובד המעשי והסמלי גם יחד: ברובד המעשי עיצוב כלי הייצור הביתיים נעשה בידי גברים למען נשים, ואילו ברובד הסמלי מייצגים הציר והאבן המנוקבת את אקט ההפריה עצמו, שכן הדימוי המיני של הציר הזקוף והגלגל המנוקב חוצה תרבויות

מתי והיכן נכנס לתמונה הגלגל "האמיתי", גלגל הרכב האנכי, הגברי? שאלה זו הציתה את דמיונם של לא מעט חוקרים המבקשים לבסס בארץ כזו או אחרת את זכות ההתהדרות ב"המצאת הגלגל", אולם לכדי מסקנה חד־משמעית הם לא הגיעו

היו כמה יתרונות: היא היתה קלה לתמרון, בפרט כאשר היו מקבעים את הציר לגוף העגלה ומאפשרים לגלגלים להסתובב באופן חופשי, ומתאימה לנסיעה בתוואי עקלקל או משופע. את העדויות הקדומות ביותר לעגלה מסוג זה – בדמות דגמי חרס של גלגלים, של שוורים ולפעמים גם של גוף העגלה עצמה – מוצאים מעט אחרי שנת 3,000 לפני הספירה באזורים שלרוב אינם מישוריים: בדרום הקווקז והרמה האיראנית, במזרח טורקיה ובארץ ישראל.

כל האזורים הללו היו מחוץ לטווח האפקטיבי של התרבות העירונית המסופוטמית, וקושרת ביניהם תופעה תרבותית המיוחדת לתקופה ולמקום: התפשטותן של קהילות שניהלו אורח חיים כפרי־חקלאי, ולעתים נוודי למחצה, בשולי הציוויליזציה המסופוטמית, תוך דחייה של סממניו העירוניים. בין הדברים שקהילות אלה דחו היו כל דבר הקשור לייצור מתועש, ובכלל זה – השימוש בגלגלי אבניים.

בארץ נקשרים דגמי הגלגלים הראשונים לאתרים שבהם התיישבו המהגרים הללו, ובראשם האתר העירוני הגדול שבתל בית ירח (ח'רבת אל־כרכ) לחופי הכנרת. שרידי אותם מהגרים שתרבותם קרויה על שם האתר, "תרבות בית ירח", התיישבו בשטחים פתוחים ובבתים נטושים בתוך תחומי העיר, ואם אמנם הם הגיעו לאזורנו בעגלות, אפשר אולי לדמיין אותם כאבות אבותיהם של הצוענים, המתיישבים במקום חנייתם. במקרה זה אפשר להכתיר את "אנשי בית ירח" כ"ממציאי הגלגל" של כנען. יש בדבר משום אירוניה, שכן אותם מהגרים מצטיירים יותר כסרבני טכנולוגיה וקדמה, ובוודאי היו מתפלאים לו ייחסו להם חדשנות מרחיקת לכת כזו.

אחרית דבר

עגלת העץ הכבדה, פרי המצאתם של כפריים בשולי הציוויליזציה השומרית, שרדה כמעט ללא שינוי עד עצם היום הזה, ואפשר לראותה במחוזות כפריים ממזרח אסיה ועד דרום אמריקה, לשם הגיעה עם הספרדים, שירשו אותה מהרומאים, שירשו אותה מארצות הבלקן ומרכז אירופה.

גלגל הרכב המודרני הוא תוצאה של פיתוח גלגל החישורים לפני כארבעת אלפים שנה, אשר הוביל להמצאת מרכבת המלחמה, ומשם קצרה הדרך לכרכרה ולכלי הרכב בני ימינו. כל אלה הם צאצאי העגלה המרובעת הקדמונית, שנולדה אי־שם במערב אסיה. אולם קדמו לה, ובהרבה, גלגלי התנופה – לב כל המכונות בחיינו – שהם פרי מלאכתם המשולבת של נשים וגברים בשחר ההיסטוריה.

בעיית אמינות

המחקר המדעי. תמונת מצב

פרויקט בעריכת
ד"ר אהוד לם

1
ד"ר אהוד לם
עמ' 24

2
ד"ר יואב בר־ענן
עמ' 32

3
ד"ר ג'ון בוהנון (Science)
עמ' 40

4
ד"ר אורי שויד
עמ' 50

5
פרופ' יואב בנימיני
עמ' 52

שטר 10 לירות משנת 1958, עיצוב: האחים שמיר

מדע תחת אזהרה

מעל בימות מדעיות מרכזיות מושמעת הטענה כי חלק נכבד מכלל המחקרים המתפרסמים היום מוטל בספק עקב כשלים בשימוש בסטטיסטיקה, מוטיבציות בעייתיות, אינטרסים כלכליים ותהליך פגום של פרסום מאמרים. האמנם מתמודד עולם המחקר עם משבר אמינות? מבוא לדיון

ד"ר אהוד לם

ב־2005 פרסם ג'ון איונידיס מאמר בכתב העת PLOS Medicine עם הכותרת הפרובוקטיבית Why Most Published Research Findings are False – "מדוע רוב ממצאי המחקר המדווחים שגויים". איונידיס אבחן הטיות שיטתיות במדע, הפוגעות באמינות ממצאים מדעיים הזוכים לפרסום. אל מול ההערכה המטרידה של המאמר, עולה שאלה מכרעת: עד כמה אמינים תהליכי ייצור הידע המדעי ותוצריהם העכשוויים, והאם תוצרי המחקר מצדיקים את ההשקעה הכלכלית העצומה במדע?

עשור לאחר פרסום המאמר מעורר ההדים אנו מקדישים את גיליון אפריל 2015 של "אודיסאה" לשאלה זו.

ביתר פירוט, נבחן עד כמה נפוצות שגיאות מתודולוגיות בסיסיות במחקר המדעי בתחומים השונים, למשל ביישום שגוי של טכניקות סטטיסטיקה, ועד כמה הן משמעותיות, וכיצד שיטות חדשות מאפשרות להתמודד עם בעיות אלה. האם תהליכי השיפוט של מאמרים מדעיים לפני פרסומם מבטיחים את איכותם? מדוע אין כמעט חזרה על ניסויים כדי לוודא את נכונותם, וכיצד ניתן לשנות את המצב הזה? עד כמה משפיעים אינטרסים כלכליים חיצוניים על המחקר המדעי? מה באשר למוטיבציות מקצועיות ומבניות של מוסדות מחקר, גופים מממנים, כתבי עת ושל החוקרים עצמם? כיצד השקיפות של עידן האינטרנט משפיעה על המדע? ועד כמה נפוצים זיופים במחקר המדעי?

ייתכן שבכלל אין מה לדאוג, והמדע, כרגיל, יודע לתקן את עצמו ולהתמודד עם כל הקשיים והמהמורות שהן, בכל זאת, לחם חוקו של כל מחקר. או כמו שמדענים אוהבים לומר: אם היינו יודעים את התשובות מראש, זה לא היה מחקר.

אלא שגם תמונה מרגיעה זו אינה משכנעת במיוחד. היא מסתירה את העובדה שהמדעים השונים נמצאים לאחרונה בתקופה מרתקת של דיונים, ודיונים על דיונים, על מגוון רחב של שאלות עקרוניות לגבי צורת העבודה המדעית הראויה. למשל: האם המימון של מחקר על תרופות על ידי חברות תרופות גורם לכך שרק מחלות של העולם הראשון זוכות למימון? האם השיפוט של מאמרים על ידי עמיתים לפני פרסומם – שהוא לב ליבו של התהליך המדעי – צריך לעבור מן העולם לטובת פרסום כל רעיון באינטרנט, ושיפוט לאחר מכן? האם הנטייה לפרסם רק כשמשהו עובד ולא לפרסם תוצאות שליליות פוגמת מהותית בהתקדמות המדעית? האם המושג "תוצאה מובהקת סטטיסטית", שהוא אמת המידה הקלאסית לאיכות תוצאה מדעית, הוא אכן הרף הנכון לקביעה מתי תוצאה היא בעלת ערך מדעי וראויה לפרסום? האם הוא מונע אפשרות של קונסולידציה של

איור: iStock, Askold Romanov

תוצאות ניסויים נפרדים כדרך לקבלת תוצאות אמינות יותר? האם תחומים מרכזיים כמו פסיכולוגיה חברתית נשענים על ניסויים קלאסיים שלא ניתן לחזור עליהם, או שמעורבים בהם שיופים, גיהוצים ועיגולי פינות של התוצאות האמיתיות? האם העלייה הדרמטית במאמרים שמתגלים כמכילים תוצאות שגויות, מזויפות או מוטעות משקפת בעיה אמיתית או פשוט את העובדה שיותר ויותר אנשים מתפרנסים ממחקר? מהי צורת ארגון העבודה המדעית המיטבית, מעבדות גדולות או קטנות? האם מוטב לממן חוקרים או מחקרים? זהו רק מדגם של הנושאים העולים חדשים לבקרים בפורומים שונים.

> ייתכן שבכלל אין מה לדאוג, והמדע, כרגיל, יודע לתקן את עצמו ולהתמודד עם כל הקשיים והמהמורות שהן לחם חוקו של כל מחקר. או כמו שמדענים אוהבים לומר: אם היינו יודעים את התשובות מראש, זה לא היה מחקר

אנחנו לא רוצים, או חושבים שאפשר, לענות על כל השאלות הללו באופן פשוט ואחיד. בגיליון זה בחרנו להציג בפניכם אוסף של סוגיות ואוסף של התייחסויות של אנשים החיים את המדעים השונים, מין "הצצה אל החדר" המאפשרת לראות את המדע העכשווי בפעולה. בחרנו גם להתמקד בעיקר במדעי החיים והחברה, ולהשאיר את הטענות על משבר בפיזיקה בסיסית להזדמנות אחרת. במאמר זה נסקור מספר סוגיות מרכזיות שעל הפרק כדי לשאול האם קרה משהו לארגון החברתי של המדע – לגודל הקהילה המדעית, להחרפת התחרות, לגלובליזציה של המחקר – שמסביר את המתחים הללו, וכן האם קרה משהו לנושאי המחקר, למידת ההשקה של המחקר המדעי עם מדיניות, פוליטיזציה, ועם השוק החופשי.

חוקרים למגירה

אחת החזיתות הבעייתיות בעולם המדע, מבחינת שאלת האמינות, היא המחקר היישומי הנערך על ידי או בחסות חברות עסקיות. המחקרים של חברות אלה ותוצאותיהם הם מידע קנייני, ולכן הם מצויים הרחק מעיני הציבור. ההשלכות שיש לכך הן בעלות חשיבות רבה במיוחד ככל שהדברים אמורים בתעשיית התרופות. תהליך אישור תרופות הוא תהליך ארוך ויקר, וחברות הממציאות תרופות חדשות משקיעות סכומים גבוהים בניסויים קליניים על אלפי חולים על מנת להוכיח שתרופה היא אפקטיבית ובטוחה. רק לאחר בדיקה דקדקנית של תוצאות מחקרים כאלה מאשרת רשות התרופות האמריקאית (FDA) שיווק תרופות, ואישור ה־FDA מהווה בסיס חשוב גם לאישורים על ידי הרשויות במדינות נוספות, שבעצמן מקיימות הליכי רישוי דומים.

אלא שלא כל המידע שה־FDA מקבל מתפרסם גם לציבור הרחב, לרופאים ולחוקרים אחרים – בתואנה שמדובר במידע קנייני. בפועל, החברות הן אלה שמחליטות איזה מידע לפרסם בעיתונות המדעית. פן זה של המחקר הביו־רפואי לא מוכר לרבים. הוא נחשף לאחרונה כאשר ילדה יפנית בת ארבע עשרה התחילה לפתח מחשבות פרנואידיות והתאבדותיות. היא חשבה שהאוכל שלה מורעל ודיברה על התאבדות. השינוי הפסיכולוגי החל לאחר שהחלה לקחת תרופה מוכרת נגד שפעת. עיתונאים וחוקרים בלתי תלויים החלו לנבור בסיפור. הובילה את הבדיקה קבוצת קוקרן (Cochrane Collaboration). חוקריה נעזרו בחוקי חופש המדע (Freedom of Information Act) כדי לקבל מה־FDA את כל החומר שברשותה על תרופות מהסוג הזה. לאחר נבירה וניתוח של אלפי העמודים שקיבלו התברר שלחברות היה מידע על השפעות פסיכולוגיות אפשריות של התרופות, מידע שלא הודגש, לטענת קוקרן, ובפועל הוסתר מהציבור.

זהו מקרה קיצוני לסכנה כללית יותר במדע, שנראה לכל אורך מאמרי הגיליון, שנובעת מכך שתוצאות חיוביות מתפרסמות בעיתונות המדעית הרבה יותר מאשר תוצאות שליליות. מצב זה מכונה publication bias או בעיית המגירה (שאליה דוחפים את התוצאות הלא טובות). ככל שמדובר בתרופות, הפחד הגדול הוא שמחקרים קליניים שמצביעים על בעיות נזנחים ולא מפורסמים כלל, ורק מחקרים שמראים שתרופה היא מועילה מתפרסמים.

פתרון חלקי לבעיה הזו, שגם מימושו דרש מאמצים, היה ההקמה של מאגרי מידע שבהם חייבים לעדכן על קיומו של כל מחקר קליני מיד כאשר מתחילים בו. כך אי אפשר פשוט "להעלים" מחקרים שאינם נוחים. היום קיים אתר אינטרנט, clinicaltrials.gov, שבו ניתן לראות פרטים על כל ניסוי קליני. ניסויים שאינם מופיעים שם לא יילקחו בחשבון על ידי ה־FDA לצורך אישור תרופות. עדיין, לא כל המחקרים המתועדים שם מתפרסמים לבסוף בעיתונות המדעית לטובת החוקרים והרופאים, והחוק האמריקאי גם לא מטיל חובת דיווח על כל סוגי המחקרים הקליניים. על היבטים נוספים של עולם המחקר הרפואי כותב ד"ר אורי שויד במאמרו בגיליון זה.

מזייפים במעבדה

המאבק בהטיות או בהסתרת מידע על ידי חברות תרופות חשוב. בנוסף אליו, חדשות המדע בעיתונים עוסקות לאחרונה יותר

ויותר בבעיות ארציות יותר של זיופים ורמאויות. חדשים לבקרים שומעים על מחקרים ועל חוקרים בטובות מהאוניברסיטאות בעולם הנחשדים בעבירות על האתיקה המדעית, אם לא בזיוף פשוט.

הדיון בבעיות אתיות במחקר המדעי קיבל דחיפה משמעותית בעקבות הקמתו של האתר Retraction Watch בשנת 2010. אתר אינטרנט זה מרכז מידע על מאמרים מדעיים שמחבריהם נאלצו למשוך אותם – תהליך המכונה בעגה המדעית retraction – לאחר שהתגלה שהם מכילים מידע שגוי, מידע שעבר מניפולציה או טקסט שנלקח ממקורות אחרים (פלגיאט).

כאשר מאמרים נמשכים על ידי מחבריהם, לרוב לא מתפרסמת על כך הודעה פומבית. רק כאשר מנסים לגשת למאמר באתר של העיתון שפרסם אותו מקבלים הודעה שהמאמר נמשך. לא כך מאז ש־Retraction Watch החלו לפרסם כל מקרה המגיע לידיעתם. הם אף עוקבים אחר מקרים מעניינים שבהם מספר גדול של מאמרים של אותו חוקר או קבוצת חוקרים נמשכים זה אחרי זה.

את האתר הקימו שני חברים, עיתונאי מדע, שאחד מהם הוא רופא במקצועו והשני הוא עיתונאי שחשף את הפרשה על החוקר שהיה מעורב במחקר על תרופת ה־VIOXX, תרופה לדלקות מפרקים שהוסרה מהמדפים עקב בעיות בטיחות. החוקר המדובר דיווח על מטופלים מומצאים ביותר מעשרים מעבודותיו. במרבית המקרים מדענים משפצים תוצאות כאשר הם בטוחים לחלוטין, בצדק או שלא, כיצד אמורות התוצאות להיראות. לרוב לא מדובר ברמאות שיטתית כמו זו.

לטענתם של מקימי האתר הם מצאו את עצמם בעיצומו של גל משיכת מאמרים. לשאלה מדוע יש היום יותר מאמרים שנמשכים מאשר בעבר הם עונים שהקהילה היום טובה יותר בלזהות מאמרים בעייתיים, בין היתר מפני שיש יותר עיניים הסוקרות כל מאמר. הם נמנעים מלקבוע אם יש עלייה אמיתית במספר המאמרים הפגומים, אך קשה להתעלם מהמספרים: ב־2001 דובר על ארבעים מאמרים שנמשכו, היום מדובר על כחמש מאות מאמרים בשנה.

> תוצאות חיוביות מתפרסמות בעיתונות המדעית הרבה יותר מאשר תוצאות שליליות. מצב זה מכונה publication bias או בעיית המגירה (שאליה דוחפים את התוצאות הלא טובות)

לעומת סיפור ההצלחה שלהם, כדאי להזכיר את האתר science-fraud.org שאותו הקים ב־2012 פול ברוקס, ביולוג צעיר מניו יורק. ברוקס התמחה באיתור תמונות במאמרים מדעיים שנראה היה שעברו עיבוד. כך, למשל, אחד מסוגי הראיות הסטנדרטיים בביולוגיה מולקולרית הוא צילומים של "ג'לים" שבהם מקטעי דנ"א מתמיינים לפי אורכם באופן המאפשר לבדוק אם דנ"א מבוקש נמצא בדגימה. חוקרים לא אתיים נתפסו לא אחת כאשר העתיקו קו ממקום אחד בג'ל למקום אחר. ברוקס התמחה באיתור מקרים שכאלה. הוא הפעיל את האתר באופן אנונימי, אך לאחר שזהותו נחשפה קיבל איומים בתביעות משפטיות, והאוניברסיטה שמעסיקה אותו הבהירה לו שחשיפת מעשים לא אתיים במדע אינה חלק מהעבודה שבעבורה הוא מקבל משכורת. ברוקס מחק את כל המידע מהאתר שלו והפסיק את פעולתו. בחצי השנה שבה פעל האתר דן ברוקס ב־ 275 מאמרים; 16 מהם כבר נמשכו ול־47 מהם התפרסמו תיקונים.

למרות העלייה במספר המאמרים הנמשכים, מדובר כמובן בתופעה שולית יחסית להיקף המאמרים המדעיים המתפרסמים מדי שנה. בכל מקרה, התופעה אינה צריכה לערער את האמון בידע שמספק המחקר המדעי, שהרי מדובר במקרים שבהם דברים הוצגו כתוצאות של מחקר מדעי, אך בפועל לא היו כאלה. לכל היותר מתעוררות שאלות לגבי המוטיבציות שמביאות למעשים הללו, כלומר שאלות על מימון מחקרים, קידום חוקרים באקדמיה וכו', וכן שאלות על פרצות בתהליכי בקרת האיכות שיש על מאמרים מדעיים. אפשר לכנות את השאלות הללו שאלות סוציולוגיות.

חזור שנית

מדאיגות יותר התהיות שעלו לאחרונה לגבי סוגיה מהותית יותר שעולה גם היא במאמרים על אודות סוגיית האמינות המדעית בגיליון זה: האפשרות לחזור על ניסויים. אבן פינה של השיטה המדעית היא האפשרות של חוקרים בלתי תלויים לחזור על ניסויים של חוקרים אחרים ולקבל את אותן תוצאות (מהלך המכונה רפליקציה). ברמה הבסיסית ביותר, זו הדרך שבה אפשר לוודא שתוצאה היא אמיתית ואינה טעות ניסויית או טעות בניתוח הנתונים. חשוב לא פחות מכך, חזרה על ניסויים היא מה שמגביר את הביטחון שאנו מבינים מה קורה בניסוי ומה הם הגורמים המהותיים המשפיעים על התופעה שאותה חוקרים ובאיזו מידה ניתן להכליל ממנה.

משום כך חלק מרכזי במאמרים מדעיים עוסק בתיאור מדוקדק של התהליך הניסויי ששימש את החוקרים.

למרות התיאור המפורט במאמרים, רמת המורכבות של ניסויים ופרוטוקולי מחקר היא כזו שבדרך כלל רק חוקרים המצויים באותו תחום מחקרי מסוגלים לנסות ולשחזר ניסויים. לא מעט מהידע הנדרש הוא ידע שיש לחוקרים "באצבעות" ומיומנויות שלא ניתן לרכוש מספרים, אלא רק דרך עבודה במעבדה של חוקר מנוסה יותר. אך גם המדענים המעטים שיכולים לחזור על כל ניסוי, בדרך כלל לא עושים זאת, ולו רק משום שלחזור על ניסוי שתוצאותיו כבר ידועות מעניין הרבה פחות מאשר להריץ ניסוי חדש, שלא לדבר על כך שקשה עד בלתי אפשרי לפרסם מאמר שכל מה שמתואר בו הוא חזרה על משהו שאחרים כבר עשו, אפילו כאשר הטענה היא שחזרה על הניסוי הקודם לא הביאה לתוצאות המצופות. לעתים הבעיה אינה כה מהותית משום שניסויים בונים זה על זה, וניסויים חדשים לא יצליחו אם הניסויים הקודמים שעליהם הם מסתמכים אינם נכונים. באופן כזה יש מעין רפליקציה של ניסויים גם אם לא באופן ישיר. אך לכל הפחות שלוות הנפש המדעית מחייבת ביטחון שאכן אפשר לחזור על ניסויים, גם אם בפועל נדיר למדי שעושים זאת. למשל, סקר של מאה עיתונים בפסיכולוגיה מ־2012 הראה שבקושי אחוז אחד מהמאמרים מאז 1900 היו מוקדשים לרפליקציה של תוצאות קודמות.

כיצד אפוא מתמודד תחום מדעי כאשר מתעוררת תהייה לגבי האפשרות לעשות רפליקציה לניסויים המרכזיים והמפורסמים ביותר שלו? מצב עניינים כזה התעורר בתחום המסקרן של פסיכולוגיה חברתית העוסק בהשפעה של סביבה חברתית – אמיתית או מדומיינת – על רגשות, מחשבות והתנהגות (ראו מאמרו של ד"ר יואב בר־ענן בגיליון זה). המשבר הגיע לשיאו בשנה האחרונה, והסערה היתה גדולה. הכותרות זעקו "משבר הרפליקציה", וההאשטאג #repligate רשם פעילות יוצאת דופן.

אבן פינה של השיטה המדעית היא האפשרות של חוקרים לחזור על ניסויים של חוקרים אחרים ולקבל את אותן תוצאות (רפליקציה), אך מדענים לא עושים זאת, משום שלחזור על ניסוי שתוצאותיו כבר ידועות מעניין הרבה פחות מאשר להריץ ניסוי חדש

במה דברים אמורים? הדוגמאות המעניינות ביותר מגיעות ממחקר על השפעות לא מודעות על התנהגות, המכונות תופעות של הטרמה (priming). בניסוי מכונן בתחום ביקשו מנבדקים לסדר אוסף של מילים למשפטים בעלי משמעות. הנבדקים חשבו שהניסוי עוסק ביכולת לשונית. למעשה, אחרי שהנבדקים עזבו את החדר מדדו מבלי ידיעתם כמה זמן לקח להם לעבור מסדרון. התברר שנבדקים שבין המילים שקיבלו היו מילים כמו "בינגו", "קמטים" ו"סריגה", מילים שיכולת לעורר אסוציאציה לזקנה, הלכו לאט יותר מאשר נבדקים בקבוצת ביקורת שלא קיבלו מילים אלה. הנבדקים כמובן לא היו מודעים כלל וכלל להשפעה של המילים שסידרו על ההתנהגות שלהם לאחר הניסוי.

בניסוי מפורסם אחר נטו נבדקים ששטפו ידיים לשפוט מקרים של התנהגות לא מוסרית פחות בחומרה מנבדקים בקבוצת הביקורת. בניסוי אחר הצליחו נבדקים שראו תמונה של פרופסור לענות נכון על יותר שאלות טריוויה, ונבדקים שראו אוהד כדורגל – על פחות. קל להבין עד כמה תוצאות כאלה מעוררות סקרנות, והן אכן תפסו את תשומת הלב הציבורית והאקדמית גם יחד.

בסתיו 2012 כתב חתן פרס הנובל דניאל כהנמן מכתב פומבי לחוקרים העוסקים בהטרמה. במכתב הוא הזכיר שעלו תהיות רבות לגבי אמינות המחקרים הללו, והדגיש שעל מנת שהתוצאות יהיו מבוססות דרושה רפליקציה של הניסויים הקלאסיים בתחום. המכתב נשלח לאחר שמספר חוקרים בולטים טענו שכאשר הם חזרו על הניסויים הללו, לא התרחשו התופעות המפתיעות. כאשר לחצים אלה ונוספים ברקע, התפרסם בתחילת 2014 גיליון מיוחד של העיתון החשוב Social Psychology שהוקדש כולו לרפליקציה. מתוך 27 ניסיונות רפליקציה לפחות עשרה לא הצליחו; משבעה ניסויים שעסקו בהטרמה רק אחד צלח את המשוכה.

חשוב להבדיל בין הקשיים הללו, שחלקם ללא ספק קשורים למורכבות התופעות והדקויות של הניסויים, לבין מקרים של רמייה. גם כאלה היו בתחום. המפורסם שבהם – המקרה של דידריק סטאפל מאוניברסיטת טילבורג שבהולנד, שאף הוא חקר הטרמה (הוא למשל פרסם מאמר שטען שבסביבות מבולגנות אנשים נוטים יותר לסטריאוטיפים). ב־2011 הודח סטאפל על ידי האוניברסיטה שלו, ולאחר חקירה הוא התפטר ואף החזיר את תואר הדוקטורט שלו. בהמשך, בעקבות החקירה, הוא אף נאלץ למשוך יותר מחמישים

מאמרים. מקרים מן הסוג הזה, מצערים ככל שיהיו, מדאיגים פחות כמובן מבעיית הרפליקציה, ואכן, חוקרים בתחום ממשיכים לעודד את המגמה הברוכה של שחזור ניסויים על ידי חוקרים בלתי תלויים ולוחצים לכך שעיתונים מדעיים חשובים יפרסמו עבודות כאלה, שכן פרסום כזה הינו תמריץ מרכזי לעבודה מדעית.

להטיל ספק בספק

לסיום, מילה על ספק. ספקנות היא כלי העבודה הבסיסי של המדען. לכאורה כל דבר אמור להיות פתוח באופן עקרוני לביקורת ולבדיקה. אלא שאנשים וקבוצות המעוניינים מסיבות שונות להיאבק במדע כדרך להבין את העולם מנצלים לרעה את הרעיון הנפלא הזה.

יש לכך שתי שיטות, המקומית והמאורגנת. ברמה המקומית עולה לעתים קרובות הטענה שאנשי מדע צריכים לבוא עם "ראש פתוח" לכל דיון ולהסכים לדון בכל רעיון, מופרך ככל שיהיה מבחינה מדעית, שהרי ספק ופתיחות הם הכרחיים למדע. היות שלא ניתן להתחיל כל דיון בחזרה לכלל הידע המדעי שנצבר לאורך הדורות – זה ייקח יותר מדי זמן, ודורש הכשרה מקצועית – מוצא את עצמו המדען נאלץ להתווכח עם עמדות שמנוסחות במסרים קליטים, כאשר הוא מנסה נואשות להסביר על רגל אחת ידע מדעי רב ומסובך. מעטים המדענים שמסוגלים להסביר בצורה קליטה את העובדות שהם מנסים להסביר, ורבים בוחרים להימנע מלהשתתף בדיונים כאלה. כך קרה לא מעט פעמים בארצות הברית, כאשר חוקרי אבולוציה נתבקשו להתעמת עם בריאתנים. התוצאה, כשלא עולים למגרש, היא כמובן, שהצד השני מנצח.

ריבוי הקולות והמידע הוא ברכה וקללה. הוא גורם לניפוח מחלוקות ולעירוב שיקולים פוליטיים ושיקולים נוספים. מצד שני הוא מאפשר לחשוף הנחות לא מבוססות, להציף שאלות ולגייס חוקרים

השיטה המאורגנת של ניצול הספק המדעי כנגד המדע מטרידה הרבה יותר. כאן מכינים גופים מאורגנים קמפיינים שמטרתם הטלת ספק שנראה לעין לא מקצועית כספק סביר, כדי להשפיע על מדיניות של ממשלות ושל ציבורים גדולים. דוגמאות לכך הן הקמפיין של חברות הטבק נגד הקשר הסיבתי בין עישון לסרטן, וכן המאבק המאורגן נגד הקונצנזוס המדעי על שינוי האקלים. הטריק כאן הוא שלא מערערים ישירות על העובדות או על ההסברים המדעיים, אלא מדגישים שתמיד ייתכנו גם הסברים אחרים או שכדאי לאסוף עוד נתונים, שישנן דעות נוספות בקהילה המדעית וכו'. לעתים מדובר ברעיונות שאכן קיימים בשולי הספרות המדעית, אלא שבמקום לקיים את המאבק על צדקתם בזירה המדעית מעבירים הללו את הדיון לתקשורת, והתוצאה היא זריעת ספק ואי ודאות, מה שמקשה על מחוקקים לפעול, למשל לקבוע רמות סף לפליטת גזי חממה.

ההיסטוריונית של המדע נעמי אורסקס (Naomi Oreskes) תיעדה באופן קפדני את המהלכים האלה, וספרה Merchants of Doubt הוא בבחינת קריאת חובה למי שרוצה להבין את המדע בזירה הציבורית וכיצד גופים שונים מנסים לנצל את המנגנונים של הקהילה המדעית כנגדה. אורסקס מדגישה בספרה את החשיבות שיש להסתמכות על מסקנות מדעיות שמתפרסמות בעיתונות המדעית כפתרון לניסיונות נואלים שכאלה. מאמרים מדעיים עוברים תהליך של שיפוט על ידי עמיתים, כלומר נבחנים לעומקם על ידי חוקרים המצויים בתחום העיסוק של המאמר. מודל זה עומד בבסיס המחקר האקדמי, וחוקרים נשפטים לצורכי קידום וכדומה במידה רבה על סמך המאמרים שעברו שיפוט שהם פרסמו. אך כפי שמלמדים המאמרים שאותם נאלצים חוקרים למשוך, מנגנון זה אינו מהווה מחסום בלתי חדיר.

בשנים האחרונות חלו שינויים לא פשוטים בתחום זה, חלקם בעקבות כניסתם לשוק של עיתונים מדעיים חדשים הדוגלים בפרסום המאמרים לכל דורש, ובחינם, באינטרנט. יש הסבורים שמודל עסקי חדש זה יכול לגרום לזילות התהליך החשוב כל כך של שיפוט מאמרים. המאמר "מי מפחד מביקורת עמיתים" מאת ג'ון בוהנון, המתפרסם בגיליון זה, עוסק בשאלה זו, ומשקף את עמדת העיתונות המדעית המסורתית. במקביל הוצעו בשנים האחרונות מגוון מודלים חדשניים של שיפוט מאמרים, למשל פרסום פומבי של דוחות השיפוט שבדרך כלל נשארים חסויים.

בסופו של דבר, עדיין ברור שהדרך היחידה להבטיח ביקורת בעלת ערך על עבודה מדעית היא ביקורת על ידי חוקרים מאותו התחום, גם אם אפשר לשפר את האופן שבו תהליך זה מתבצע כדי למנוע מצבים של ניגוד עניינים, שיפוט המונע מאינטרסים של תחרות בין חוקרים וכדומה. זאת, כמובן, למעט מקרים של זיוף נתונים בקנה מידה גדול או מעשה מרמה מאורגן של חוקר או של עיתונים מדעיים, שאותם אולי מוטב לתאר כחיקויי־מדע ולא כמדע אמיתי, ובמילים אחרות – חיקוי של המוסדות המדעיים ושל פרסום מדעי ללא כל כוונה לעשות מדע.

דוגמה משעשעת היא של חוקר צמחים מדרום קוריאה שגילה פרצה בתהליך שיפוט המאמרים בהרבה עיתונים. מחברי המאמרים יכולים להציע שמות של חוקרים שאליהם אפשר לשלוח את המאמר לשיפוט. החוקר המדובר הציע חוקרים שונים, חלקם עם שמות של חוקרים אמיתיים, אך בתור כתובות דוא"ל הוא נתן אחת שהגיעה ישירות אליו. מובן ששעות ספורות לאחר שהגיעה הפנייה לשפוט את מאמריו שלו הוא שלח בחזרה המלצה לפרסם אותם. בדרך זו הצליח אותו חוקר קוריאני לפרסם כשלושים מאמרים בכתבי עת מדעיים מבלי לעבור שיפוט אמיתי.

אחת החזיתות הבעייתיות בעולם המדע, מבחינת שאלת האמינות, היא המחקר היישומי הנערך על ידי או בחסות חברות עסקיות. המחקרים של חברות אלה ותוצאותיהם הם מידע קנייני, ולכן הם מצויים הרחק מעיני הציבור

חיקוי־מדע מציג חזות של מדע ותו לא. מטרתו – להשיג כסף, מעמד ודברים נוספים שהחברה שלנו מעניקה לאנשי מדע ולמוסדות מדעיים. בכך הוא שונה מסוג אחר של פעילויות, שכמותו עוקפות את המגרש המדעי, דוגמת אסטרולוגיה או בריאתנות, שמקובל לכנותן פסאודו־מדע. במקרים מסוג זה ישנם רעיונות או תכנים שמתיימרים להיות מדעיים, או שקולים במעמדם לידע מדעי, אך חסידי הרעיונות הללו אינם מנסים כלל לשחק במגרש המדעי וממשיכים לטפחם בערוצים מקבילים, גם אחרי שנדחו כשגויים על ידי הקהילה המדעית.

פתרונות אפשריים

ובחזרה לאיונידיס. המאמר שפרסם החוקר מאוניברסיטת סטנפורד ב־2005, Why Most Published Research Findings are False, כבר הפך למאמר קלאסי, וקוראים ברשת ניגשו אליו מעל מיליון פעמים. הוא ואחרים שהזכרנו, בהם חושפי הזיופים ונביאי הרפלקיציה וכן חוקרים הממליצים על שימוש בכלים סטטיסטיים חדשים על מנת לפתור בעיות מתודולוגיות במדע (ראו את מאמרו של פרופ' יואב בנימיני בגיליון זה), הפכו את הדיון במתודולוגיה מדעית מנושא עלום לנושא סקסי שהדיון בו סוער ומסעיר. הבעיות שאנו עוסקים בהן בגיליון הזה אינן המצאה של מבקרי מדע. הן מגיעות מתחושות וממחשבות של מדענים מהשורה הראשונה. בד בבד, שיח ער מתקיים לגבי השאלה כיצד להתמודד עם הקשיים השונים, ולגבי העלות והתועלת של פתרונות שונים. מן הראוי לציין כי באופן שהוא במידה רבה חסר תקדים, הדיונים הללו נגישים לכול, בטוויטר, בבלוגים ובעיתונים המדעיים הזמינים ברשת.

הדמוקרטיזציה של הידע המדעי מתאפשרת תודות למספר גורמים: חלקים גדולים באוכלוסייה במערב הם בעלי ידע מדעי בסיסי המאפשר להם לצרוך חדשות מדעיות; האינטרנט מאפשר גישה לידע רב, ולמרות המגבלות הברורות גם מאפשר לסנן באופן סביר את התכנים. שיחות בין מדענים שפעם היו מתרחשות בקמפוסים ובכנסים מתרחשות היום ברשת (ציוצים, בלוגים), כך שכל מי שמתעניין יכול להאזין ואפילו להצטרף; הזמן הפנוי של רבים בעולם המפותח מאפשר להם זאת, ואף להפוך למומחים של ממש; ארגוני מגזר שלישי (חוץ ממסדיים, ללא כוונות רווח) החלו להיות מעורבים בעשייה מדעית.

ריבוי הקולות והמידע הוא ברכה וקללה. הוא מעלה את הטמפרטורה ולפעמים מקשה על שיחה שלווה בין אנשים החולקים תפיסת עולם, וגורם לניפוח מחלוקות ולעירוב שיקולים פוליטיים ונוספים. מצד שני הוא מאפשר לחשוף הנחות לא מבוססות, להציף שאלות ולגייס חוקרים. למרבה הצער, התוצר המדעי המרכזי, כלומר מאמרים מדעיים המפרטים תוצאות של ניסויים ודנים בשאלות מדעיות, לרוב עדיין אינו זמין לציבור הרחב משום שרוב העיתונים המדעיים החשובים דורשים דמי מינוי יקרים. מדענים רבים סבורים שהמודל העסקי של העיתונים הללו צריך לעבור מן העולם ושהוא פוגע בעבודה המדעית, ולא פחות מכך – בערך המרכזי של הוספת ידע לאנושות כולה. האלטרנטיבה שרבים מייחלים לה, עם כל הבעייתיות, היא עיתוני גישה חופשית, שבהם כל המאמרים זמינים לקריאה חינם ברשת.

הדרך היחידה להבטיח ביקורת בעלת ערך על עבודה מדעית היא ביקורת על ידי חוקרים מאותו התחום, גם אם אפשר לשפר את האופן שבו תהליך זה מתבצע כדי למנוע מצבים של ניגוד עניינים ושיפוט המונע מאינטרסים של תחרות בין חוקרים

האם הבעיות שהצגנו נוגעות ביומרה הבסיסית של המדע לספק

לנו ידע אמין ומבוסס על העולם, או שמא הן לכל היותר בעיות ניהול, מימון, וארגון המדע, שניתן לפתור אותן בקלות יחסית? האם הבעיות הללו חדשות, או האם פשוט ישנה עלייה במודעות הציבורית אליהן?

הזעזועים במדע הם רב־ממדיים ונוגעים גם להיבטים חברתיים מובהקים, כגון צורות מימון, רגולציה ותהליכי הכשרה של מדענים, וגם להיבטים מתודולוגיים הקשורים לאיכות הידע המדעי עצמו. אין הרבה ספק שהפעילות המדעית ב־2025 תתנהל אחרת מאשר היום. מכאן רחוקה הדרך מלומר שהידע המדעי כמכלול אינו אמין, או שהמדע הגיע לסוף הדרך. להפך, הידע המדעי נראה עדיין כידע האמין ביותר בנמצא, ומה שיותר מכך, ידע שאמינותו היא בעצמה שאלה ואתגר בלתי פוסק בעבור המדע עצמו. היות שהמדע הוא מנגנון חברתי לחיפוש אחר תשובות, השינויים החברתיים והאתגרים המתודולוגיים אינם מנותקים אלה מאלה. המאבקים הציבוריים ממש והחצי־ציבוריים הנעשים במאמרים פולמוסיים בכתבי עת מדעיים משקפים דבקות באתוס המדעי הקלאסי ובערכים המוצהרים של הקהילה המדעית, בראש ובראשונה ביקורת מתמדת, וספק מאורגן. השאלה החשובה באמת אינה האם התוצאות במאמר זה או אחר אמיתיות, אלא האם המדע יודע לסנן לבסוף את הבר מן התבן.

מאידך, השינויים בסביבה החברתית שבה פועל המדע, שלא מעטים מהם נובעים מהאינטרנט ומהנגישות שהרשת מאפשרת למידע, משנים את הדרך שבה התהליכים האלה מתרחשים. בכל תקופה לובשות התהיות לגבי המתודה המדעית צורה אחרת. תהליכים רבים במדע משקפים עדיין תפיסה של קבוצה קטנה של ג'נטלמנים המכירים זה את זה ומהווים קבוצת התייחסות זה של זה – כפי שהיה בימי הקמת החברה המלכותית הבריטית במאה ה־17. זו הסיבה שזיופים, למשל, נתפסים כמשהו שהוא בראש ובראשונה לא צפוי ומעילה באמון, ולא משהו שיש לצפות לו ולהתכונן אליו כאשר לוקחים בחשבון את היקף הפעילות המדעית ואת התמריצים הכרוכים בה.

הדמוקרטיזציה של הידע בכלל, ושל הידע המדעי בפרט, מצוינת. חשיפתם של אי סדרים מתודולוגיים, זיופים והטיות, מעבר לחשיבותם הישירה, מהווה בית ספר לכיצד עובדים הטלת ספק מאורגן וקיום ביקורת מתמדת. אין צורך להסתיר בעיות אלה תחת אבחנות פשטניות בין מדע לפסאודו־מדע, וצריך ללמוד איך לא להידרדר מביקורת תכליתית לשימוש בספק כקרדום לחפור בו על ידי תועמלנים. כדי שכך יקרה, על השכלה מדעית להיות נחלת הכלל ולא רק נחלתם של אנשי מדע. אנו מקווים שהסיפורים המוצגים בגיליון זה יתרמו לכך. X

אתרי אינטרנט לקריאה נוספת:

Future of Research. http://futureofresearch.org/

Guide to open science publishing. http://f1000.com/resources/F1000R_Guide_OpenScience.pdf

Retraction Watch. http://retractionwatch.com

Data Colada blog. http://datacolada.org

United Sates Office of Research Integrity. http://ori.hhs.gov

Cochrane Collaboration. http://www.cochrane.org/

Clinicaltrials.gov

All Trials. http://www.alltrials.net/

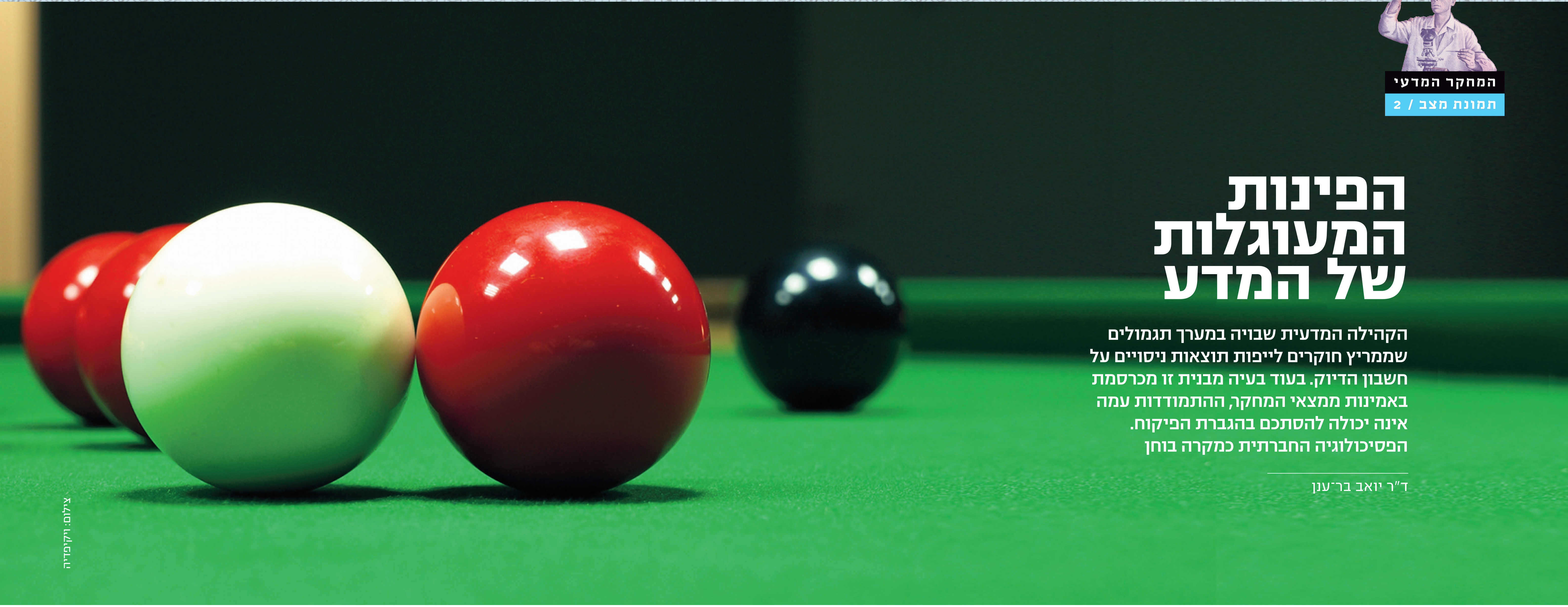
מקורות לקריאה נוספת:

Ioannidis, John P. A. "Why Most Published Research Findings Are False." PLoS Med 2, no. 8 (August 30, 2005): e124. doi:10.1371/journal.pmed.0020124. (http://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.0020124)

Goldacre, Ben. Bad Pharma: How Drug Companies Mislead Doctors and Harm Patients. New York: Faber & Faber, 2013.

Oreskes, Naomi, and Erik M. Conway. Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming. Bloomsbury Press, 2011.

Pigliucci, Massimo. Nonsense on Stilts: How to Tell Science from Bunk. University Of Chicago Press, 2010.



הפינות המעוגלות של המדע

הקהילה המדעית שבויה במערך תגמולים שממריץ חוקרים לייפות תוצאות ניסויים על חשבון הדיוק. בעוד בעיה מבנית זו מכרסמת באמינות ממצאי המחקר, ההתמודדות עמה אינה יכולה להסתכם בהגברת הפיקוח. הפסיכולוגיה החברתית כמקרה בוחן

ד"ר יואב בר־ענן

צילום: ויקיפדיה

אחת התמות המרכזיות שהפכה את "הסמויה" (The Wire) לסדרת טלוויזיה חשובה ומרתקת עסקה בקלקולים מבניים במוסדות חברתיים חשובים בחברה האמריקאית. המשתף לכל הקלקולים היה מערך תגמולים שעיוות את עבודתם של המוסדות החברתיים והגביל את יכולתם להועיל לתושבים. כך, למשל, על מערך השיקולים של השוטרים שלטה הדרישה להראות סטטיסטיקה חיובית של תיקים סגורים, זאת אפילו על חשבון פעולות יעילות יותר למיגור הפשע ולשיפור תחושת הביטחון של התושבים. בדומה, המורים בבתי הספר הציבוריים גילו שהם מוגבלים ביכולתם לעזור לילדים מהשכבות החלשות. מערכת החינוך העירונית לא תגמלה את המורים על הקניית השכלה, אלא על הוראת השאלות שיופיעו במבחני ההשוואה הארציים.

אחד הביטויים שטבעה "הסמויה" בהקשר זה היה juking the stats. המושג תיאר את התמקדות המשטרה ובתי הספר בפעולות שמייפות את הסטטיסטיקה המועברת לממונים על חשבון פעולות שמשרתות את הציבור.

במאמר הנוכחי נעסוק בחשד שגם הקהילה המדעית שבויה במערך תגמולים שממריץ את המדענים לייפות את הממצאים על חשבון מימוש המטרות האמיתיות שלשמן נועד המדע. נבחן את טענות קבוצת פסיכולוגים חברתיים שמאמינה כי הקהילה המק־צועית שלהם כלואה במערך תגמולים שפוגע ביכולתה למלא את תפקידה. קבוצה זו מנסה להביא לשינוי דרסטי, בתקווה שפעולות חבריה יהפכו את קהילתם המדעית לאידיאלית – מודל חיקוי לענפי מדע אחרים. כמו כן, נבחן גם את החשש שמא אותם מדענים טועים, ומכפישים את הקהילה המדעית שלהם שלא בצדק.

בעיית התגמולים

הקהילה המדעית שבה נעסוק כאן היא קהילת הפסיכולוגים החברתיים, שאליה אני משתייך. העבודה שלנו היא להשתמש בשיטה המדעית – השיטה היעילה ביותר שפיתחו בני אנוש למציאת תשובות – כדי למצוא חוקיות בהתנהגות האדם. רוב החוקרים שעוסקים בפסיכולוגיה נמשכו אל המקצוע משום שהעבודה בתחום היא למצוא תשובות לשאלות המעניינות ביותר שבני אדם שואלים בחיי היום־יום: שאלות על עצמם. פסיכולוגים חברתיים עוסקים במחקר מדעי של שאלות הנוגעות להתנהגויות, לרגשות ולמחשבות בני אדם כלפי בני אדם אחרים וכלפי עצמם. אולם הפרקטיקה המדעית אינה מתלכדת תמיד עם האידיאלים של המחקר המדעי.

הקלקול העיקרי שעליו מצביעים בשנים האחרונות מספר מדענים קשור לאחד האידיאלים הנעלים של הקהילה המדעית:

שיתוף ידע. ככל שאצליח לחלוק עם עמיתיי כל התקדמות שלי, כך תצליח הקהילה (ובעזרתה האנושות כולה) להתקדם בהבנת הנושא שאותו אני ועמיתיי חוקרים.

כמעט בכל תוכנית מחקר יש ניסויים שלא הצליחו ולא פורסמו. כך קורה שמאמרים יוצרים את הרושם כאילו הממצא שעליו הם מדווחים חזק מאוד ומתקבל תמיד, משום שהם לא מדווחים על כל הפעמים שבהן הממצא היה חלש יותר או לא נמצא כלל

מרבית המדענים מרגישים סיפוק רב כאשר הם עוזרים לקדם את הידע האנושי, אך לסיפוק שבתרומה המדעית יש גם פן כלכלי. תרומה מדעית היא התפוקה הנמדדת על ידי אוניברסיטאות. אוניברסיטאות שוכרות חוקרים על פי פוטנציאל התרומה שלהם למדע ואיכות התרומה המדעית שלהם. על פי אמות מידה אלה זוכים חוקרים בקידום, בהעלאות שכר (במדינות שבהן קיים מדרג במשכורות החוקרים), בקביעות ובמענקי מחקר המממנים את עבודתם ומזכים אותם במעמד ובכוח במוסדות שלהם (חלק מתקציביהן של אוניברסיטאות בארץ ובעולם מגיע מאותם מענקים).

תגמול חוקרים על פי תרומתם המדעית הוא רעיון מצוין. הרי זה הצידוק לקיומם מלכתחילה. כדי לאמוד תרומה למדע חייבים הגופים המפקחים על המדענים (ראשי האוניברסיטאות והגופים הפרטיים, הציבוריים והממשלתיים שמממנים את המדענים) למדוד את כמות ואיכות המידע שאותו משתף המדען עם הקהילה המדעית. ככל שישתף יותר במידע איכותי, כך יתרום יותר. בקהילה המדעית, יש לדעת, מחשיבים תרומה מדעית רק אם התפרסמה במאמר מדעי שעבר ביקורת חוקרים אחרים ששפטו אותה והסכימו ביניהם שהתרומה אכן איכותית וחשובה. ככל שחוקרת או חוקר מפרסמים מאמרים רבים יותר, ככל שהמאמרים מפורסמים בכתבי עת נחשבים יותר, ככל שהם מצוטטים יותר, כך החוקרת או החוקר נחשבים לבעלי תרומה גדולה יותר למדע.

הצורך לפרסם מפתה חוקרים לשוות למאמר חשיבות רבה. כל עוד המאמצים מושקעים בשיפור איכותה של התרומה המדעית, הרי שמערך תגמולי הקהילה המדעית עובד מצוין. הבעיה היא שבפני המדענים עומדת האפשרות לפעול באופן שיקדם את סיכויי פרסום המאמר על חשבון איכות תרומתו המדעית. מרגע שמסתיים המחקר ועד שנכתב המאמר המתאר אותו עומדות בפני המדענים שלל חלופות כיצד לעבד ולנתח את הנתונים וכיצד לפרש את התוצאות. החשש הוא שבשל הלחץ הכבד לפרסם, מתקשים המדענים שלא לבחור בחלופות המציגות את המחקר שביצעו באור החיובי האפשרי, על חשבון הדיוק בדיווח.

האקינג סטטיסטי

כדי להבין אילו אפשרויות עומדות בפני חוקרים הרוצים להציג את תוצאות המחקר שלהם באור חיובי נדמיין פסיכולוגית חברתית שחוקרת את הסיבות להומופוביה. מרבית עבודתם של פסיכולוגים חברתיים היא עריכת ניסויים כדי לבחון את השערותיהם לגבי קשרים סיבתיים הנוגעים להתנהגות חברתית. בניסוי מנסה החוקרת לשלוט בחוויה שעובר כל משתתף ובוחנת אם משתתפים שעוברים חוויה אחת מתנהגים באופן שונה ממשתתפים שעוברים חוויה אחרת. הדבר מקביל למחקר רפואי שבו נבחן אם נבדקים שנוטלים תרופה מסוימת מראים תסמינים שונים מנבדקים שנוטלים תרופת דמה.

לצורך הדוגמה שלנו נניח שהחוקרת מעוניינת לבחון את ההשערה שגברים משתמשים בהומופוביה כהגנה מהפחד המתעורר בהם כשהם חשים משיכה לגברים. כדי לבחון השערה זו יכולה הפסיכולוגית להזמין גברים למעבדה ולחלק אותם באופן אקראי לשתי קבוצות. כל גבר יגיע למעבדה בנפרד. משתתפים מקבוצה אחת יתבקשו להתבונן בתמונות של גברים בבגדי ים ולהעריך עד כמה כל אחד מהם אתלטי בעיניהם. הקבוצה השנייה (קבוצת הביקורת) תתבונן בתמונות פרצופים של ילדים וילדות ותתבקש להעריך עד כמה כל אחד מהם נראה לה חקרני. לאחר מכן ימלאו משתתפי הניסוי שאלון שבוחן עמדות כלפי הומוסקסואלים.

שוו בנפשכם שהחוקרת תמצא, כפי ששיערה, שהקבוצה שצפתה בגברים בבגדי ים הפגינה עמדות הומופוביות יותר מקבוצת הביקורת. זו תוצאה מצוינת לחוקרת, כי ההבדל מתאים להשערתה, אך מוטל עליה להוכיח כעת שאותו הבדל אינו מקרי. הרי בכל אחת משתי קבוצות הניסוי היו אנשים שונים, ויכול להיות שחלקם הומופובים יותר מאחרים, גם בלי קשר לסוג התמונות שראו.

ככל שההבדל בהומופוביה בין שתי הקבוצות גדול יותר ומספר הגברים בשתי הקבוצות גדול יותר, כך קטן הסיכוי שההבדל שהחוקרת מצאה הוא מקרי. כדי לבחון אם ההבדל הוא מקרי, מקובל לבצע את המבחן הבא: החוקרת תחשב מה הסיכוי לקבל את ההבדל שמצאה בהינתן ההנחה שבמציאות אין הבדל בין הקבוצות (כלומר אין באמת קשר בין היחשפות לגברים מושכים לבין ההומופוביה). אם היא תמצא שהסיכוי קטן מחמישה אחוזים, תוצאות הניסוי יעברו את הסף המקובל בפסיכולוגיה לתוצאות שכדאי להתייחס אליהן כאל תוצאות לא מקריות.

הפסיכולוגיה החברתית שמנסה למצוא חוקיות בהתנהגות האדם נכנעת ללחצים לא ענייניים.
בתמונה: קהל נוסעים ברכבת התחתית בוושינגטון, 2006 | צילום: ויקיפדיה

מה יקרה אם המבחן הסטטיסטי יגלה שהסיכוי הוא שישה אחוזים? תהיה זו אכזבה קשה לחוקרת. היא השקיעה זמן רב בתכנון הניסוי ובניתוחו, ומשאבים רבים בהרצתו. כעת אין לה שום תועלת בניסוי. למה? כי אם תחת הנחת מקריות הסיכוי לקבל את התוצאות גדול מחמישה אחוזים, הקהילה המדעית בפסיכולוגיה לא תחשיב את הממצאים כעדות משמעותית לכך שקיים במציאות קשר בין משיכה מינית לגברים להומופוביה. אם החוקרת תנסה לדווח על תוצאות הניסוי במאמר ולפרסם אותו, אף כתב עת ברמה סבירה לא יסכים לפרסמו. לכן יש לחוקרת מוטיבציה גבוהה לוודא שלא נפלה טעות בניתוח שמנעה ממנה למצוא שהסיכוי לתוצאות שמצאה קטן מחמישה אחוזים.

בשל הלחץ הכבד לפרסם מתקשים לעתים המדענים שלא לבחור בחלופות השונות לעיבוד, לניתוח ולפירוש נתונים, שיציגו את המחקר שלהם באור החיובי ביותר האפשרי, על חשבון הדיוק בדיווח על המחקר

בשלב הזה, כדי שהזמן והכסף שהשקיעה בניסוי לא ירדו לטמיון, תחזור החוקרת לנתוני הניסוי ותחפש אחר טעויות. במבט נוסף בנתונים אולי תבחין בכך שחלק מהמשתתפים ענו במהירות גדולה מאוד על השאלון שמדד אתלטיות או חקרניות. יתכן שהמשתתפים הללו בקושי הקדישו תשומת לב למטלת ההערכה, ולכן היא לא השפיעה עליהם כלל. החוקרת תריץ את המבחן הסטטיסטי בלי הנבדקים האלה, בתקווה שהתוצאות ישתנו והסיכוי ירד מתחת לחמישה אחוזים. אפשרות אחרת היא להוסיף עוד מספר נבדקים בכל קבוצה ולקוות שעם הנבדקים החדשים תוצאות המבחן הסטטיסטי ירדו מתחת לחמשת האחוזים הנכספים. אפשר גם לבחון אם תוצאות המבחן הסטטיסטי משתנות אם מחשבים את מידת ההומופוביה בצורה שונה (למשל, יתכן שהחוקרת תמצא בספרות המקצועית שבחלק מהמחקרים שבהם נעשה שימוש בשאלון ההומופוביה בעבר הושמטו שתי שאלות מהשאלון, בשל חשד שהשאלות הללו פחות מתאימות למדידת הומופוביה).

פעולות אלה נשמעות סבירות, והן אפילו מומלצות, אך הבעיה היא שהן פוגעות במידת הדיוק של המבחן הסטטיסטי. אם משתמשים במבחן הסטטיסטי מספר פעמים, אז התוצאה של כל מבחן היא הערכת־חסר של הסיכוי למצוא את התוצאות האלה באקראי. הדבר דומה במעט לזריקת קובייה שוב ושוב, עד שתצא התוצאה המיוחלת. כלומר, הבעיה אינה בכך שהחוקרים נוברים בנתונים שלהם ומנתחים אותם בשלל דרכים. זהו חלק חשוב מעבודתם. הבעיה היא שהחוקרים נוטים להתעלם מכך שבדיקות מרובות גורמות להערכת־חסר בחישוב הסיכוי למצוא את הממצא שעלה מן התוצאות אפילו אם הוא אינו קיים במציאות.

בעיה נוספת הקשורה לשיתוף מידע היא פרסום סלקטיבי של ניסויים. נניח שהחוקרת לא היתה מוצאת כלל הבדל בין שתי הקבוצות, גם אחרי שלל בדיקות של הנתונים. במקרה כזה חוקרים חרוצים אינם מתייאשים, אלא מנסים לתקן את הניסוי. למשל, יתכן שהחוקרת תחשוד שתמונות הגברים שבהן השתמשה לא היו מושכות דיין, ותחזור על הניסוי עם תמונות הגברים אחרי ששודרגו באמצעות תוכנת פוטושופ. אם בניסוי הבא היא תמצא הבדל גדול בין הקבוצות ותוצאת המבחן הסטטיסטי תהיה קטנה מחמישה אחוזים, סביר להניח

שהיא תכתוב מאמר שמדווח על תוצאות הניסוי שהצליח ולא על הניסוי הקודם, שהיא מחשיבה לניסוי לא תקין. מסיבה זו בדיוק כמעט בכל תוכנית מחקר יש ניסויים שלא הצליחו ולא פורסמו. כך קורה שמאמרים יוצרים את הרושם כאילו הממצא שעליו הם מדווחים חזק מאוד ומתקבל תמיד, משום שהם לא מדווחים על כל הפעמים שבהן הממצא היה חלש יותר או לא נמצא כלל.

עד לפני שנה־שנתיים היתה הנורמה בפסיכולוגיה לנסות שלל דרכים לעבד ולנתח את הנתונים, ולבסוף לדווח במאמר רק על תוצאות מבחן אחד (לרוב, זה שאישש את השערות החוקרים), מבלי לייגע את קוראי המאמר בשלל הבדיקות האחרות שנעשו. גם פרסום סלקטיבי של מחקרים הוא הנורמה, וכמעט מעולם לא נתקלתי במאמר שדיווח גם על הניסויים שלא הצליחו באותו פרויקט. מדענים אחדים הדגישו את הבעייתיות בפרקטיקות מעין אלה, ולאחרונה טבעו את הביטוי p-hacking (ה־p הוא probability), כדי לתאר אותן. הביטוי p-hacking הוא הגרסה המדעית של הביטוי Juking the stats מ"הסמויה". במקום להשתמש בחישוב ההסתברות ככלי אובייקטיבי שבוחן אם הממצא מקרי, החוקרים

במקום להשתמש בחישוב ההסתברות ככלי אובייקטיבי שבוחן אם הממצא מקרי, חוקרים עשויים לעשות ככל שביכולתם כדי למצוא מבחן סטטיסטי שיוכיח שהממצא שלהם אינו מקרי

עושים ככל שביכולתם כדי למצוא מבחן סטטיסטי שיוכיח שהממצא אינו מקרי.

כאמור, הסיבות לשימוש ב־p-hacking אינן מוסר ירוד, אלא חוסר מודעות וחוסר ברירה. מהיכרותי איתם, מדענים נוטים להיות אידיאליסטים ורוצים לתרום לחברה באמת ובתמים. אולם היות שחוקרים נוטים להאמין בהשערות שלהם, רובם אינם חושדים שהפרקטיקות הללו גרמו להם להציג ממצאים מקריים כאילו היו ממצאים אמיתיים. הם מניחים שהפרקטיקות האלה רק מפשטות את הדיווח ועוזרות להם לפרסם את ממצאיהם בכתבי עת מובילים.

באחד המחקרים היחידים בנושא העבירה לסלי ג'ון (Leslie John), חוקרת מאוניברסיטת הרווארד, ביחד עם עמיתיה, שאלון אנונימי לכאלפיים חוקרי פסיכולוגיה. בשאלון דיווחו החוקרים על פרקטיקות המחקר שלהם. למעלה מחמישים אחוז הודו שהשתמשו ב־p-hacking לפחות פעם אחת בקריירה שלהם. לאור זאת יש להניח שלפחות בזמן העברת השאלון (תחילת העשור הנוכחי), שכיחותן של פרקטיקות אלה לא היתה זניחה.

שחזורים גנוזים

בעיה שלישית בשיתוף המידע בקהילה המדעית נוגעת גם היא לגניזת מחקרים. במקרה זה מדובר בגניזת ניסיונות שחזור של מחקרים שביצעו חוקרים אחרים. מרבית השאלות החשובות בכל תחום מדעי נחקרות בידי מספר צוותי חוקרים שונים באוניברסיטאות ברחבי העולם. כאשר צוות אחד מפרסם את ממצאיו, צוותים אחרים עורכים מחקרים כדי ללמוד עוד על הממצא. למשל, אם חוקרת אחת מצאה שחשיפה לגברים בבגדי ים מגבירה הומופוביה בקרב גברים, חוקר אחר עשוי לתהות אם הממצא הזה נכון רק כאשר המשתתפים הם גברים צעירים, כפי שהיו המשתתפים במחקר המקורי, ולא כאשר מדובר בגברים מבוגרים, משום שהללו כבר לא מרגישים צורך להוכיח את גבריותם. לשם כך יחזור החוקר על הניסוי הקודם, אך הפעם ידאג לגייס הן משתתפים צעירים והן משתתפים זקנים. החוקר יצפה לשחזר את תוצאות הניסוי הקודם בקרב צעירים, אך לא בקרב זקנים.

מה יקרה אם החוקר לא ימצא שום הבדל בין הקבוצות, אפילו לא כאשר משווים צעירים בלבד? זה יהיה כישלון בשחזור הממצא המקורי. לכאורה, חשוב מאוד לחלוק את הכישלון הזה עם שאר הקהילה המדעית, כדי שיידעו כולם שיתכן שהממצא המקורי אינו קל לשחזור. אם יצטברו מספיק עדויות של כישלון בשחזור, יוכל המדע להתייחס לממצא המקורי כאל ממצא מקרי, ובכך יתוקן הידע האנושי בנושא. אחד המאפיינים החיוביים במדע הוא שלפעמים טועים בדרך, אבל תמיד אפשר לתקן את הטעות.

הבעיה היא שקשה מאוד להוכיח שממצא קודם היה מוטעה. יתכן שהכישלון בשחזור התוצאות נבע מכישלון בשחזור מדויק של תנאי הניסוי. למשל, אולי החוקר הריץ את הניסוי במעבדה רועשת מאוד, והנבדקים לא הצליחו להתרכז בניסוי. לכן, כדי להוכיח שממצא מסוים אינו משתחזר, צריך החוקר לשחזר את הניסוי מספר פעמים, תוך כדי טיפול בכל חולשה אפשרית במאמצי השחזור שלו. הטרחה שבניסיון להוכיח שממצא שפורסם אינו משתחזר היא כה רבה, עד שרק ממצאים חשובים בצורה בלתי רגילה יצליחו למשוך חוקרים למחקר המקיף והרציני הדרוש להפרכת הטענה המקורית. יתרה מזו, תמיד קיימת האפשרות שאחרי מאמצים רבים יצליח החוקר המשחזר להבין היכן טעה בהכנת הניסוי, וישחזר סוף־סוף את הממצא המקורי. כלומר, החוקר השקיע משאבי זמן וכסף רק כדי לגלות שהוא מסוגל לשחזר את הממצא המקורי. במקרה כזה כתבי עת לא יתעניינו במיוחד בכך שחוקר אחד הצליח, אחרי מאמצים רבים, לשחזר ממצא שכבר פורסם בעבר, והחוקר לא יפיק שום תועלת מהמאמצים שהשקיע בשחזור.

בתסריט אחר החוקר ממשיך ונכשל בשחזור, אך מעבדה אחרת מצליחה לשחזר את הממצא ומפרסמת זאת. במקרה זה כתבי העת לא יתעניינו בכך שחוקר אחד לא מצליח לשחזר ממצא שחוקרים אחרים דווקא כן מצליחים לשחזר. מסיבות אלה מרבית החוקרים שנכשלים בשחזור ממצא מוותרים ומחפשים כיוון מחקר אחר אחרי שניים־שלושה כישלונות. כך יתכנו ממצאים שחוקרים רבים ברחבי העולם נכשלו מלשחזר פעמיים, אך בגלל שחוקרים אחדים מצליחים בשחזור, החוקרים הנכשלים אינם טורחים לפרסם את כישלונם. התוצאה היא מצג שווא – כאילו ממצא מסוים הוא חזק מאוד וקל לשחזור (כי רק שחזורים מוצלחים פורסמו), כשלמעשה מעטים מאוד מצליחים לשחזר אותו.

שעת כושר

הבעיות שתיארתי משותפות למספר ענפי מדע, וכבר שנים רבות שמדענים משלל תחומים מכירים אותן היטב. גם בפסיכולוגיה היו שהתריעו במשך השנים, אך כמו במדעים אחרים, הללו זכו לתשומת לב מעטה ולא שינו את הנורמות הנהוגות בפסיכולוגיה.

עם זאת, בשנים האחרונות נראה שהמצב משתנה, אולי בעקבות התפתחות דרמטית שטלטלה את קהילת הפסיכולוגים החברתיים. בשנים 2011־2012 פורסמו שלושה מקרים נפרדים

פסיכולוגים חברתיים רבים חוששים שעמיתיהם עושים טעות פוליטית כאשר הם מצביעים על חולשותיה של הדיסציפלינה שלנו קבל עם ועדה, בשעה שבעיות דומות מאפיינות גם ענפים אחרים, בתוך הפסיכולוגיה ומחוץ לה

שבהם הואשמו מדענים בזיוף נתונים. במקרה אחד, הידוע והבולט ביותר, הודה דיטריך סטאפל (Diederik Stapel), שהיה אחד הפסיכולוגים החברתיים המובילים בעולם, שזייף את תוצאותיהם של ניסויים רבים שפרסם. בשני מקרים אחרים התפטרו החוקרים מבלי להודות במפורש בהונאה. לאורך ההיסטוריה נמצאו זייפנים כמעט בכל תחום מדעי, אולם בפסיכולוגיה חברתית, אולי משום שהיא ענף מדעי צעיר יחסית, האירועים היו ראשונים מסוגם והציתו כעס ובושה בקרב עמיתים רבים.

זיוף נתונים הוא פעולה מודעת שכוונתה ברורה – לפעול בצורה המחבלת בהתקדמות המדע. אין הדבר דומה ל־p-hacking, פרקטיקה שהנוקטים בה לרוב כלל לא ערים לנזקיה, ונוטים להיות הקורבנות שלה לא פחות מהתמימים שקוראים את המאמר. למרות ההבדל הברור ביניהם נקשרו הזיופים ל־p-hacking, כי בשני המקרים התוצר הוא מאמר שנראה טוב מכדי להיות אמיתי. גם זיוף וגם p-hacking מביאים לעתים קרובות לנתונים שמושלמותם אמורה לעורר חשד. תוצאות כה מושלמות פשוט לא קיימות במציאות. חלק מהטעויות כל כך בולטות, עד שניתן היה להניח שהמאמרים לא יצליחו להתפרסם בקלות שבה התפרסמו מבלי שמישהו יקרא תיגר על אמינות התוצאות. ובכל זאת, שלושת הזייפנים שהוזכרו לעיל פרסמו מאמרים במשך שנים, לפני שמישהו שם לב שיש בעיה.

הקלות שבה הצליחו הזייפנים להערים על הקהילה המדעית העלתה את החשש שמא משהו בסיסי במערכת מקולקל. החשד היה שהקהילה המדעית אינה עושה את עבודתה נאמנה בניטור ובביקורת הממצאים שמתפרסמים. כעת, בשל הבושה שהמיטו הזייפנים על התחום, הגיעה שעת הכושר של מדענים אחדים שהאמינו שיש צורך בשינוי. לפתע החלו אישים בעמדות כוח חשובות בתחום – למשל, עורכים בכתבי עת מובילים – לקחת ברצינות את קומץ המדענים שהזהירו בשנים האחרונות מתופעות כמו p-hacking וגניזתם של מחקרי שחזור כושלים.

אחת הדמויות הבולטות מבין המדענים שניצלו את שעת הכושר הזו הוא בריאן נוסק (Brian Nosek), פסיכולוג חברתי מאוניברסיטת וירג'יניה (גילוי נאות: אני תלמידו לשעבר ומשתף

‹

עמו פעולה במחקר גם כיום). מבין פעילויותיו הרבות של נוסק לשיפור שיטות העבודה במדע, את עיקר תשומת הלב והביקורת משכו פרויקטים שהתמקדו בשחזור מחקרים שפורסמו.

לטענת נוסק, אחד הנעלמים הגדולים בדיסציפלינות רבות במדע כיום הוא שיעור הממצאים שאותם ניתן לשחזר. במילים אחרות, עד כמה כדאי לנו לתת אמון בתוצאות המתפרסמות במאמר אחד בלבד. האם רוב הסיכויים שמחקר שהגיע לפרסום מתאר ממצא שקיים במציאות, או אולי עדיף שלא לבטוח בממצאים ממאמר

היות שחוקרים נוטים להאמין בהשערותיהם, רובם לא חושדים שהפרקטיקות הבעייתיות גרמו להם להציג ממצאים מקריים כאילו היו אמיתיים. הם מניחים שהפרקטיקות הללו רק מפשטות את הדיווח ועוזרות להם לפרסם את ממצאיהם בכתבי עת מובילים

אחד עד שמאמרים נוספים יאשרו שהממצא אכן משתחזר? כדי לבחון זאת בחרו נוסק ותלמידיו עשרות מחקרים שהתפרסמו בכתבי עת מובילים בפסיכולוגיה והחלו לשחזר אותם. היות ששחזור של עשרות מחקרים הוא משימה שדורשת משאבים רבים, ניסה נוסק להפיץ את דבר הפרויקט ולצרף אליו חוקרים מרחבי העולם. למזלו, כתֶבת מדע שמעה על הפרויקט ותיארה אותו בכתבה שפורסמה בכתב העת המדעי המוביל Science. בעקבות כתבתה פנו אל נוסק מספר קרנות פרטיות בארצות הברית שעוסקות בשיפור המדע. בתוך חודשים ספורים גייס נוסק תקציב מספיק דיו כדי להקים את ה־Center of Open Science (מכונה COS ומבוטא Cause), ארגון ללא מטרות רווח שמטרתו המוצהרת היא שינוי מערך התגמולים בקהילה המדעית לכיוון שישרת טוב יותר את ערכי המדע.

התיקונים

פרויקט שחזורי המאמרים שהביא להקמתו של COS התגלה כפרויקט מורכב ומסובך שנמשך כבר למעלה משנתיים. בינתיים תמך COS ביוזמות שחזור אחרות, כמו למשל גיליון שלם של כתב העת Social Psychology שבו כל המאמרים היו שחזורים ישירים של מחקרים קודמים. חלק מהשחזורים עלו יפה, חלקם כשלו.

למרות ההתלהבות הרבה שפרויקטים מעין אלה מעוררים בקרב שוחרי השינוי, לא כל התגובות לפעילויותיו של COS חיוביות. לעתים חשו החוקרים שאת מחקריהם ניסו לשחזר כאילו הם תחת חקירה עוינת, שאינה מתחשבת בנזק ששחזור כושל עשוי לעולל לקריירה שלהם. בחדרי חדרים אין זה נדיר לשמוע מרירות וביקורת כלפי קהילת "המשחזרים". יש האומרים שאופנת השחזור גורמת לכך שחוקרים המבצעים מחקר שחזור רשלני יכולים להכתים את שמם של החוקרים המקוריים, עם חותמת "לא משתחזר" שהסרתה דורשת משאבים רבים. בעימותים פומביים בנושא אף השתרש הכינוי "replication bullying" (בריונות שחזור), הבא לתאר את היחס המזלזל שחשים החוקרים מצד אלה המשחזרים את ניסוייהם ואת קלות הראש שבה חלק מהמשחזרים לוקחים את ההשלכות של מעשיהם.

נוסק מתנגד להאשמות בבריונות מחד, מבין את הדאגה מאידך ומזכיר לקהילת המשחזרים שכישלון בשחזור ממצא קודם אינו מעיד על כך שהחוקרים שערכו את המחקר המקורי עשו טעות כלשהי, אתית או מקצועית. כישלון בשחזור יכול לנבוע משגיאות של המשחזר, ולאו דווקא מבעיות במחקר המקורי. יתכן גם ששחזור נכשל כי תנאי הניסוי המקורי היו נדירים (למשל, המשתתפים בניסוי היו במצב נפשי יוצא דופן בשל אירוע היסטורי שהתרחש באותה עת) ולחוקרים המקוריים לא היתה דרך לדעת זאת. מסיבות אלה דרוש שינוי בפרשנות הניתנת לכישלונות בשחזור וביחס אל החוקרים שממצאיהם אינם משתחזרים. נדרשת הבנה שתוצאות ניסוי הן לעתים קרובות לא מושלמות, וכי מחקר מדעי הוא מפעל שיתופי והדרגתי, שבו לוקחים חלק מדענים רבים במשך שנים, עד שמתפתחת הבנה טובה של השאלה המדעית שבה המדענים מתעניינים.

כדי לקדם את השיתוף המדעי ואת יכולתם של מדענים לעבוד כקהילה, עיקר הפעילות של COS הוא בפיתוח שלל כלים שאמורים לעזור לקהילה המדעית כולה (לא רק בפסיכולוגיה) לארכב ולשתף מידע בקלות ובשקיפות רבות יותר. המרכז מקדיש את רוב משאביו ליצירת אתר אינטרנט בשם The Open Science Framework (OSF), שעוזר לחוקרים לתעד מחקרים מהרגע שבו נהגה המחקר לראשונה ובמהלכו, ולא רק באמצעות המאמרים שנכתבים בסופו. החוקרים יכולים לתעד ולשתף כל פרט בניסוי שלהם: רעיונות המחקר הראשוניים, חומרי הניסוי (למשל, התמונות שהנבדקים ראו), הנתונים שנאספו, הקוד שבאמצעותו נותחו הנתונים, וגם את המאמר שמסכם את המחקר. האתר אמור לעזור לחוקרים לשתף את המחקרים שלהם עם אחרים בלי קשר לתוצאות שיתקבלו.

ההצלחה הגדולה של אבירי השחזור והלוחמים ב־p-hacking

הגיעה במהלך 2014, כאשר כתבי עת אחדים יזמו מדורים וגיליונות מיוחדים המוקדשים למחקרי שחזור. כתבי עת רבים ממליצים כיום לחוקרים להשתמש ב־OSF או באתרים אחרים דומים, ולפרסם באתר עוד לפני איסוף הנתונים כיצד מתעתדים החוקרים לנתח את הנתונים (למניעת p-hacking), כמו גם לאפשר שיתוף חופשי של כל החומרים ונתוני הניסוי. בנוסף, כתבי עת מובילים בתחום החלו לדרוש מחוקרים להצהיר במפורש אם פעלו בצורה שמגדילה את הסיכוי ל־p-hacking. בד בבד, גם הקרנות המממנות מחקר החלו להתייחס לנושא בדרישותיהן ממדענים הזוכים למימון. כעת כבר נדיר למצוא חוקרים שאינם ערים לנזקים האפשריים של p-hacking, ובאוניברסיטאות אחדות כבר נכנס המושג לחומר הלימוד בתואר ראשון או שני.

שיטור מול שיתוף

יתכן שבזכות הביקורת מבפנים תצליח הפסיכולוגיה החברתית להתגבר על בעיות שענפי מדע אחרים טרם התחילו לנסות להתמודד עמן. מנגד, קיימת סכנה שהביקורת הפנימית נמהרת וכי השלכותיה יתגלו כהרסניות. פסיכולוגים חברתיים רבים חוששים שעמיתיהם עושים טעות פוליטית כאשר הם מצביעים על חולשותיה של הדיסציפלינה שלהם קבל עם ועדה, בשעה שבעיות דומות מאפיינות ענפים אחרים בתוך הפסיכולוגיה (למשל פסיכולוגיה קלינית ונוירופסיכולוגיה) ומחוץ לה (למשל רפואה). הדבר נכון שבעתיים נוכח העובדה שכלל לא ברור אם המצב אכן גרוע כל כך. פרויקט השחזור הגדול של נוסק נועד להיות סנונית ראשונה

ההתמקדות בשיטור מתעלמת משורש הבעיה: הדרישה ממאמרים להציג תוצאות מושלמות כדי להתפרסם בכתב עת טוב. לכן, המבחן הגדול של חוקרי הפסיכולוגיה כיום הוא להפסיק לשתף פעולה עם נורמות שיוצרות מראית עין של ממצאים מושלמים

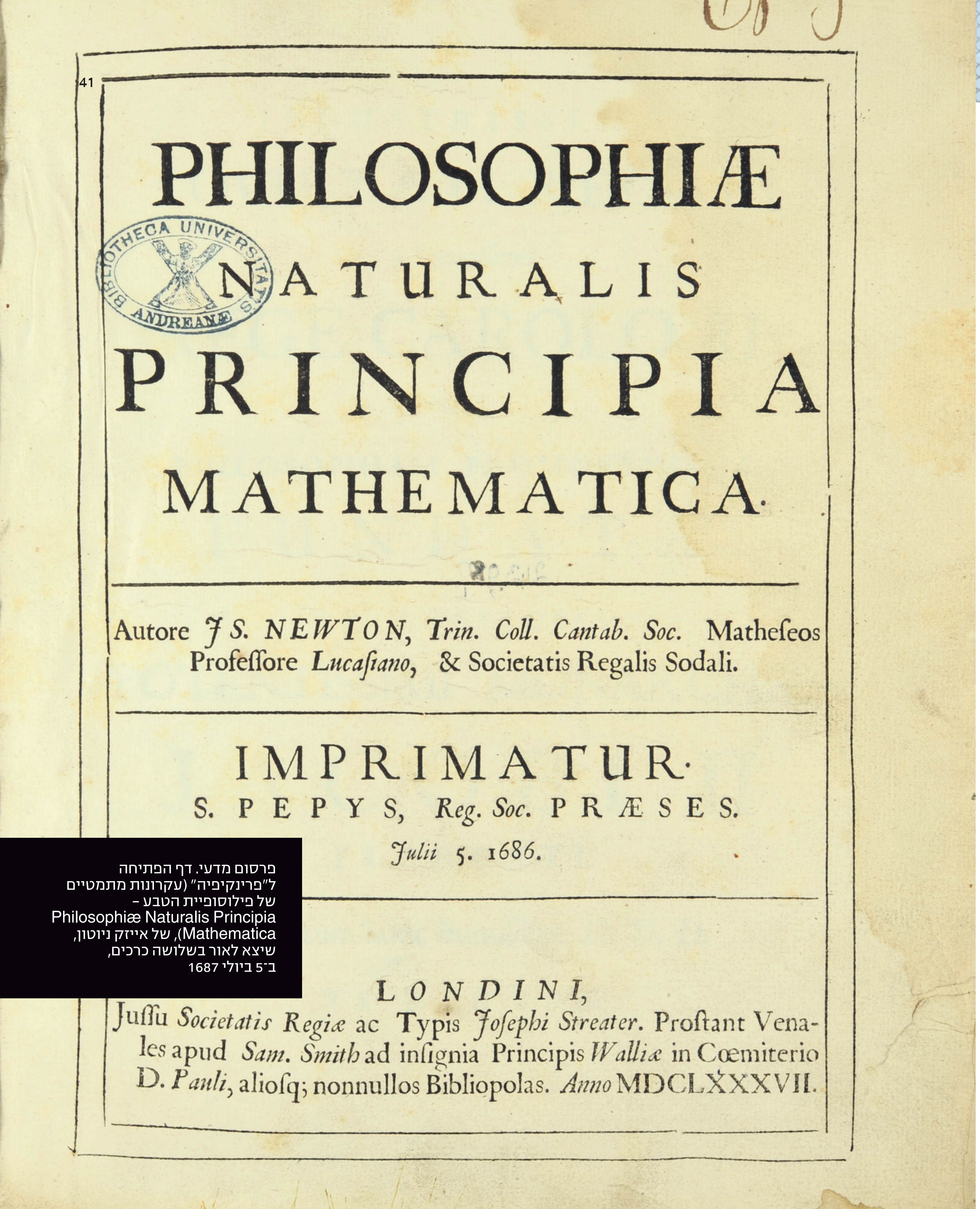
של תחום מחקר שלם שיבחן עד כמה קל לשחזר את הממצאים המתפרסמים בכתבי העת בפסיכולוגיה (ובמדעים אחרים), ועד כמה הכשלים שסקרתי באמת מעכבים צבירת ידע. בשלב זה הבעיה המרכזית היא שכלל איננו יודעים אם יש השלכות שליליות משמעותיות לדרך שבה מתנהל המדע כיום.

חולשה נוספת בשינויים העוברים כיום על קהילת הפסיכולוגים היא שרבים מהמהלכים שאומצו על ידי מקבלי ההחלטות בעקבות המודעות הגוברת לסכנות בנורמות הנוכחיות במדע הם מהלכים ממשטרים ומגבילים. עורכי כתבי עת ומבקרי מאמרים נהפכו לחשדניים יותר, ותגובותיהם מבטאות בעיקר חשש מפרסום ממצאים שיתגלו בהמשך כלא מהימנים. בתגובה, יתכן שמדענים נהפכו לזהירים יותר, ובניגוד לעבר חלקם כבר אינם ממהרים לפרסם ממצאים ראשוניים, מתוך חשש ש"משטרת השחזורים" תחשוף שהממצא חלש ולא משתחזר בקלות, ושמם המקצועי ייפגע. לכן, לצד שיפור באמינות הממצאים שמתפרסמים, יתכן שפעולות השיטור הנוכחיות יובילו לפגיעה במהירות שבה חוקרים משתפים את שאר הקהילה המדעית בממצאיהם הראשוניים. יתכן, למשל, שחוקרת שמצאה ממצא מרתק בשני ניסויים ולא מצאה עדות חזקה לאותו ממצא בשני ניסויים אחרים תעדיף להמתין עד שתצליח למצוא דרך לוודא שחוקרים אחרים יצליחו לשחזר את ניסוייה בקלות.

ההתמקדות בשיטור מתעלמת משורש הבעיה: הדרישה ממאמרים להציג תוצאות מושלמות כדי להתפרסם בכתב עת טוב. לכן המבחן הגדול של חוקרי הפסיכולוגיה כיום, הן כחוקרים והן כמבקרים של מאמרי עמיתים, הוא להפסיק לשתף פעולה עם נורמות שיוצרות מראית עין של ממצאים מושלמים. כאשר הם מבקרים מאמרי עמיתים, על חוקרים להמליץ לפרסם גם מחקרים שבהם לא כל השערה אוששה באופן מושלם ולא כל מבחן סטטיסטי חשף תוצאות חדות וברורות.

מטרת הפרסום המדעי היא להוסיף ידע. גם אם הידע החדש אינו חד־משמעי, יתכן שכאשר יתפרסמו מחקרים נוספים תימצא פיסת הפאזל החסרה שתעזור להשיב על השאלה שבה עסק המחקר. על המדענים מוטלת המשימה לאמץ השקפת עולם מציאותית יותר לגבי עוצמת העדויות שניתן לצפות ממחקר אחד לנפק, ולאפשר שיקוף של מציאות זו בפרסומים מדעיים. כרגע כלל לא ברור אם שינוי נחוץ זה יתרחש.

כמו כל מוסד חברתי אחר, גם הקהילה המדעית אינה נקייה מלחצים לא־ענייניים שמקשים עליה להגשים את תפקידה בחברה באופן מושלם. נדיר שמוסד חברתי מתקן את עצמו בלי לחץ חיצוני. הפסיכולוגים החברתיים מנסים לעשות זאת. אם יצליחו, יהיה זה הישג מעודד שממנו יוכלו ללמוד גם תחומים אחרים במדע וגם מוסדות חברתיים אחרים. אם ייכשלו, אולי יספקו לנו הטעויות מידע חדש שיעזור בניסיון התיקון הבא. אחרי הכול, כך צוברת האנושות ידע.


PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Autore J S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheſeos Profeſſore Lucaſiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Juſſu Societatis Regiæ ac Typis Joſephi Streater. Proſtant Venales apud Sam. Smith ad inſignia Principis Walliæ in Cœmiterio D. Pauli, aliosq; nonnullos Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

BIBLIOTHECA UNIVERSITATIS ANDREANÆ

פרסום מדעי. דף הפתיחה ל"פרינקיפיה" (עקרונות מתמטיים של פילוסופיית הטבע – Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica), של אייזק ניוטון, שיצא לאור בשלושה כרכים, ב־5 ביולי 1687

מי מפחד מביקורת עמיתים

תחקיר שנרקח בכתב העת היוקרתי Science חושף בדיקת אמינות מועטה, אם לא־קיימת כלל, בהרבה מכתבי העת המדעיים באסכולת "הגישה החופשית"

ג'ון בוהנון, Science

ב־4 ביולי הגיעו לתיבת הדואר האלקטרוני של אוקורפו קובאנג', ביולוג במכון ואס לרפואה באסמרה, אריתריאה, בשורות טובות. היה זה מכתב רשמי שהודיע כי מאמר שמתאר את התכונות האנטי־סרטניות של כימיקל שקובאנג' מיצה מחזזית, ונשלח חודשיים לפני כן ל־Journal of Natural Pharmaceuticals, התקבל לפרסום.

למעשה, המאמר היה צריך להידחות על הסף. כל שופט בעל ידע בכימיה מעל רמת בית ספר תיכון ויכולת ניתוח בסיסית של גרף נתונים היה צריך לגלות מיד את פגמיו. הניסויים שתוארו בו היו פגומים במידה כזאת שתוצאותיו היו חסרות משמעות.

אני יודע זאת מפני שאני כתבתי את המאמר.

אוקורפו קובאנג' אינו קיים, וכך גם מכון ואס לרפואה. בעשרת החודשים האחרונים שלחתי 304 גרסאות של מאמר תרופת הפלא לעיתונים מדעיים אינטרנטיים בעלי "גישה חופשית" (להלן עיתוני גישה חופשית), וזו התוצאה העיקרית: יותר מחצי מהם לא הבחינו בפגמיו הקטלניים של המאמר. הנה כי כן, נתוני תרגיל העוקץ המתואר להלן חושפים מציאות של מערב פרוע במו"לות האקדמית.

מהתחלות צנועות ואידיאליסטיות לפני כעשור צמחו להם עיתוני גישה חופשית מדעיים במהירות מסחררת לכדי תעשייה גלובלית, שמה שמניע אותה הוא דמי הפרסום שמקורם בכותבים, ולא דמי המנוי המסורתיים. רוב השחקנים בתחום אינם ממש מוכרים, וניתן להגדירם כאנונימיים. זהות המו"לים, העורכים הראשיים, מיקום העיתונים ומקורותיהם הכספיים, כל אלה, לעתים קרובות, מטושטשים במכוון, וחקירת Science שופכת עליהם אור.

מעקב אחרי כתובות פרוטוקול האינטרנט (IP) של כותרות המיילים שנשלחו על ידי עורכי העיתונים הללו מגלה היכן הם יושבים, וחשבוניות בעבור דמי הפרסום חושפות רשת חשבונות בנק הנמצאים בעיקר בארצות העולם השלישי. התקבלות המאמר ודחייתו נותנים תמונה ראשונה של תהליך השיפוט על ידי עמיתים (peer review) בעולם של עיתוני הגישה הפתוחה.

לכאורה היה אפשר לצפות לשיפוט עמיתים אמין ב־Journal of Natural Pharmaceuticals, למשל, המתאר את עצמו כ"עיתון של מאמרים העוברים שיפוט על ידי עמיתים, שמטרתו לפרסם מאמרים מחקריים באיכות גבוהה, מאמרים קצרים ומאמרי סקירה בתחום המוצרים הטבעיים בעלי פעילויות פרמקולוגיות רצויות". כמו כן, העורכים וחברי המועצה המייעצת הם פרופסורים לרוקחות באוניברסיטאות ברחבי העולם.

העיתון המדובר הוא אחד מיותר מ־270 כתבי עת המופקים על ידי Medknow, חברה הפועלת ממומבאי, הודו, ואחת ההוצאות הגדולות של עיתוני הגישה החופשית. על פי אתר Medknow "מורידים" חוקרים ברחבי העולם בכל חודש למעלה משני מיליוני מאמרים של ההוצאה. ב־2011 נקנתה Medknow בסכום שלא נחשף על ידי Wolters Kluwer, חברה רב־לאומית הממוקמת בהולנד, אחת הספקיות המובילות בעולם של מידע רפואי, בעלת הכנסה שנתית של קרוב לחמישה מיליארד דולר. אבל מערכת Journal of Natural Pharmaceuticals, שבראשה עומד איקיי אורחן, פרופסור לפרמקולוגיה באוניברסיטה East Mediterranean University שבגאזימאגוסה, קפריסין, ביקשה מקובאנג' הבדיוני שלי להכניס במאמר רק תיקונים שטחיים – פורמט מקורות שונה ותקציר ארוך יותר – לפני שקיבלה אותו לפרסום מקץ 51 יום.

התוכן המדעי של המאמר כלל לא נזכר. מאוחר יותר, משנודע לו הכשלים, הודיע סגן העורך, מוען אחמד, פרופסור לרוקחות באוניברסיטת המלך פייסל באל־חאסה, ערב הסעודית, בתכתובת דוא"ל ל־Science, שבכוונתו לסגור סופית את העיתון בסוף השנה. "אני באמת מצטער על כך", כתב. עורך העיתון, איקיי אורחן, אמר להגנתו שבשנתיים האחרונות השאיר את ניהול העיתון למערכת בראשותו של אחמד. המאשר זאת. "הייתי צריך להיות יותר זהיר", הוסיף אורחן.

פרסום שכזה, התברר בהמשך התחקיר, הוא הנורמה, לא היוצא מן הכלל. המאמר התקבל לפרסום בעיתונים שמוצאים לאור על ידי מוסדות אקדמיים יוקרתיים כמו אוניברסיטת קובה ביפן. הוא התקבל על ידי עיתונים של אגודות מקצועיות. הוא אפילו התקבל לעיתונים שנושא המאמר כלל לא התאים לתחומי התמחותם, כמו Journal of Experimental & Clinical Assisted Reproduction.

הדחיות, לעומת זאת, מספרות סיפור משל עצמן. כמה עיתוני גישה חופשית שנמתחה עליהם ביקורת בעבר, בגין בקרת איכות גרועה, סיפקו את ביקורות העמיתים המחמירות ביותר. למשל, PLOS ONE, עיתון הדגל של ה־Public Library of Science, היה היחיד שהתייחס לבעיות האתיקה הפוטנציאליות של המאמר, כמו היעדר תיעוד על הטיפול בבעלי חיים ששימשו להפקת תאים לשם קיום הניסוי. העיתון בדק בקפדנות עם המחברים הבדיוניים שהתנאי המוקדם הזה ותנאים מוקדמים אחרים למחקר מדעי נאות נשמרו לפני ששלח את המאמר לסקירה. PLOS ONE דחה את המאמר כעבור שבועיים עקב איכותו המדעית הירודה.

אל תוך מחילת הארנב

כל הסיפור התחיל ביולי 2012, כשמערכת Science העבירה לי מייל שהגיע אליה מפרופ' דייוויד רוס, ביולוג באוניברסיטת פנסילבניה. ההודעה תיארה את חבלי פרסום מאמרו של אלין נוטשה, ביולוגית באוניברסיטת פורט הארקורט בניגריה. נוטשה השתתפה בסדנת מחקר שנערכה במאלי בניהולו של רוס בינואר שנה קודם לכן וניסתה לפרסם מחקר שלה על Culex quinquefasciatus, יתוש הנושא את וירוס קדחת הנילוס המערבי ופתוגנים אחרים.

נוטשה שלחה את המאמר לעיתון גישה חופשית ששמו Public Health Research. לתומה חשבה שהפרסום יהיה ללא תשלום, שכן עמית שלה פרסם קודם לכן מאמר ללא תשלום בעיתון אחר של אותו מו"ל – Scientific & Academic Publishing Co (SAP), שאתר האינטרנט שלו אינו מזכיר תנאי תשלום כלשהם. לדברי נוטשה, לאחר שמאמרה התקבל, ביקשו ממנה לשלם 150 דולר דמי פרסום, לאחר הנחה של 50 אחוז, לדבריהם, זאת מפני שהיא מניגריה. לאחר התלבטויות, ונוכח העובדה שכמו לחוקרים רבים מהעולם השלישי לא היה בידה כרטיס אשראי והעברות בנקאיות משם יקרות ומסובכות, שכנעה חבר בארצות הברית לשלם בעבורה את דמי הפרסום, כאשר התעריף ירד כבר ל־90 דולר, והמאמר ראה אור.

נוכח פני הדברים התלונן רוס בפני Science כי מדובר במגמה בקרב עיתוני גישה חופשית "המתפרנסים מטפילות על חשבון הקהילה המדעית". כאמור, עיינתי במייל ולמקרא הדברים התעוררו בי סקרנות והחלטתי לבדוק מה קורה ב־Scientific & Academic Publishing. על פי אתר האינטרנט של ההוצאה, SAP "משרתת את קהילת המדענים והמלומדים של העולם במטרה להיות אחת ההוצאות לאור הגדולות ביותר בעבור אגודות מקצועיות ואקדמיות". הרשימה שלה כללה (ועדיין כוללת) קרוב למאתיים עיתונים. בחרתי באקראי אחד מהם לעיון מפורט יותר. American Journal of Polymer Science מתאר את עצמו כ"פורום רציף להפצת מחקר בסיסי, בינלאומי, כפוף לשיפוט עמיתים יסודי, העוסק בהכנה ותכונות של מקרומולקולות". כאשר הזנתי את הטקסט לתוך מנוע חיפוש, מצאתי עד מהרה שחלקים נחתכו והודבקו מאתר האינטרנט של Journal of Polymer Science, עיתון מכובד המתפרסם בהוצאת Wiley הניו יורקית הוותיקה מאז 1946.

> שלחתי 304 גרסאות של מאמר תרופת הפלא לעיתונים מדעיים אינטרנטיים בעלי "גישה חופשית", וזו התוצאה העיקרית: יותר מחצי מהם לא הבחינו בפגמיו הקטלניים של המאמר

> המאמר התקבל לפרסום בעיתונים שמוצאים לאור על ידי מוסדות אקדמיים יוקרתיים. הוא התקבל על ידי עיתונים של אגודות מקצועיות. הוא אפילו התקבל לעיתונים שנושא המאמר כלל לא התאים לתחומי התמחותם

התחלתי לשאול את עצמי אם יש בכלל משהו אמריקאי ב־American Journal of Polymer Science. אתר האינטרנט של SAP טוען שהעיתון מתפרסם מלוס אנג'לס. בדקתי. הכתובת נראתה לי לא יותר מצומת של שני כבישים מהירים ובלי מספרי טלפון. התקשרתי לכמה מהאנשים שרשומים כעורכים ושופטים של העיתון. המעטים שענו אמרו שאין להם הרבה קשר עם SAP. מריה ראימו, כימאית במכון לכימיה וטכנולוגיה של פולימרים בנאפולי, איטליה, סיפרה שקיבלה הזמנה במייל לשמש כשופטת ארבעה חודשים קודם לכן. אחר כך קיבלה מאמר אחד לבדיקה, "שהיה כל כך גרוע, שחשבתי שזו בדיחה", אמרה.

למרות תלונותיה לעורך הראשי דאז, אדם ששמו דייוויד תומס, ללא שייכות ידועה למוסד אקדמי כלשהו, פרסם העיתון את המאמר. ראימו אומרת שהיא ביקשה להסיר את שמה מרשימת השופטים. נכון להיום, כעבור יותר משנה, המאמר עדיין נמצא באינטרנט וראימו מופיעה עדיין ברשימת השופטים של העיתון.

המשכתי את החקירה ואחרי חודשים של שליחת מיילים לעורכי SAP, קיבלתי סוף־סוף תשובה. מישהו ששמו צ'רלס דויק אמר, שוב, באנגלית עילגת, ש־SAP היא הוצאה לאור אמריקאית שיושבת בקליפורניה. המייל שלו הגיע ב־3 לפנות בוקר לפי שעון ניו יורק. כדי לשחזר את הניסיון של נוטשה, החלטתי לשלוח מאמר שאני כתבתי לעיתון של SAP, וכדי לקבל תמונה כללית של נוף המו"לות האפלולי הזה, החלטתי שאצטרך לחזור על הניסוי הזה בכל רחבי עולם "הגישה החופשית".

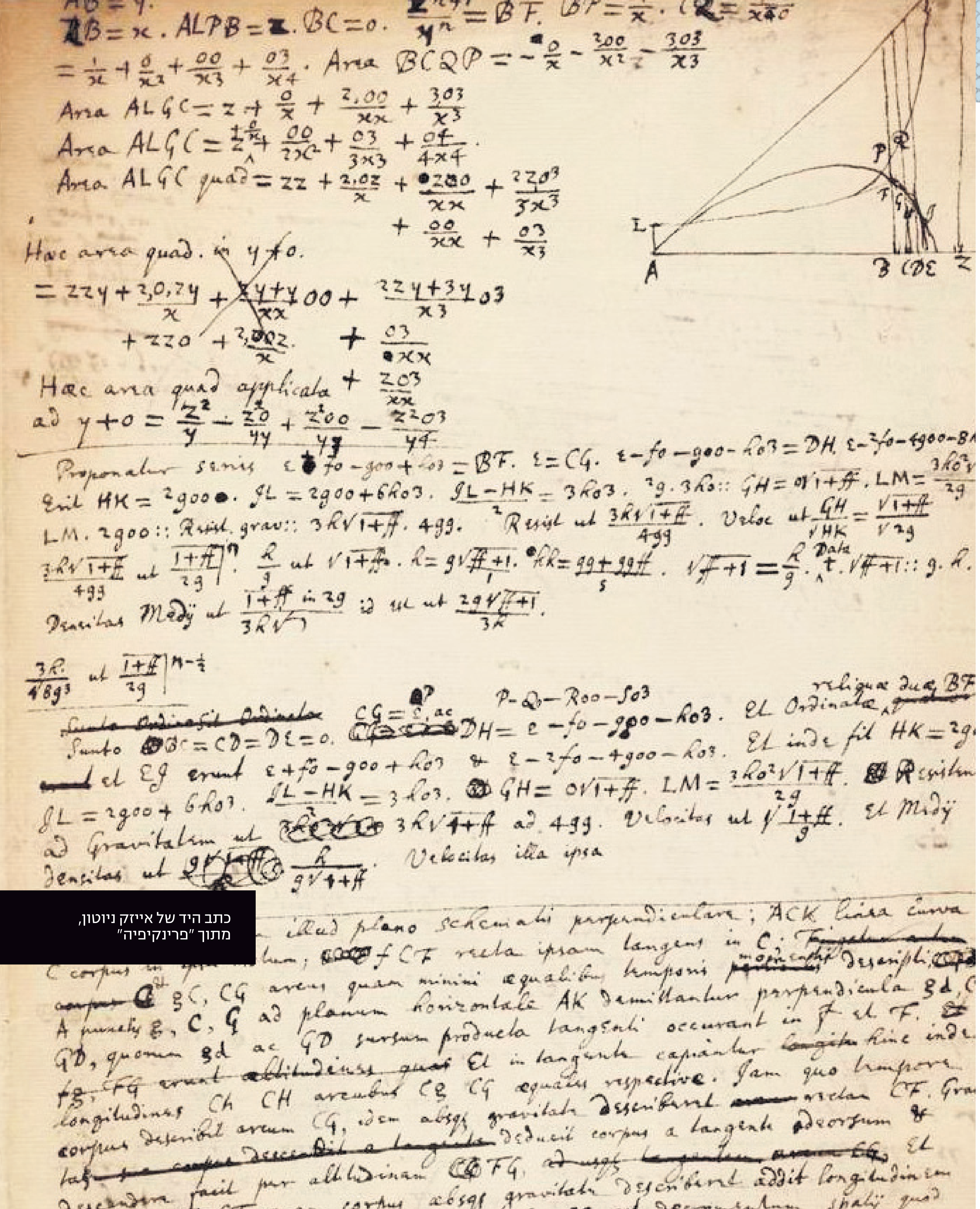
היעדים

המי ומי של עיתוני הגישה החופשית האמינים הוא The Directory of Open Access Journals (DOAJ). מדריך זה, שנוסד לפני עשר שנים על ידי לארס בירנשוג, ספרן מדעי באוניברסיטת לונד בשוודיה, צומח במהירות, ובשנה האחרונה בלבד נוספו לו כאלף כותרים. בלי לגלות את התוכנית שלי, שאלתי חברים במערכת DOAJ איך עיתונים נכנסים לרשימת הפרסומים שלהם. "תחילה צריך למלא טופס באתר האינטרנט שלנו", הסבירה לינאה סטנסון מ־DOAJ. "אם זה עיתון שלא פרסם מספיק, אנחנו מתקשרים לעורך או למו"ל ומבקשים ממנו לחזור אלינו לאחר שהעיתון יפרסם יותר תוכן". לפני שהם מכניסים עיתון לרשימה שלהם הם סוקרים אותו על בסיס מידע שהמו"ל מספק. ב־2 באוקטובר 2012, כשהשקתי את תרגיל העוקץ שלי, כלל DOAJ 8,250 עיתונים והרבה נתונים על כל עיתון, כמו השם וכתובת ה־URL שלו, שנת היסוד והנושאים שהוא מסקר.

ישנה עוד רשימה – רשימה שהעיתונים מפחדים ממנה. האוצר שלה הוא ג'פרי ביאל, ספרן מדעי באוניברסיטת קולורדו שבעיר דנבר. הרשימה שלו היא דף אינטרנט אחד ויחיד שכולל את השמות של מה שהוא מכנה "מו"לים טורפים". המונח מקיף את כל מה שביאל רואה כ"פרקטיקות לא מקצועיות", מ"תעריפים סודיים" ו"מדרג עורכים לא מוגדר" ועד לאנגלית גרועה – קריטריונים שלטענת מבקרים מוטים באופן לא הוגן נגד מו"לים שאינם מארצות הברית.

כמו שקרה לבטמן, רבים מאלה שביאל רוצה להגן עליהם אינם סומכים עליו. "מה שהוא עושה חשוב ביותר", אומר פול גינספארג, פיזיקאי באוניברסיטת קורנל שיסד את arXiv, פלטפורמת המאמרים שלא עברו עדיין ביקורת עמיתים שנעשה לאתר פרסום ראשון במעלה בתחומים רבים של הפיזיקה. "אבל הוא שש קצת יותר מדי ללחוץ על ההדק".

לשאלתי – איך הגיע למלחמה בפשיעה האקדמית, ענה ביאל: "הבעיה פשוט נעשתה כל כך חמורה, עד שאי אפשר היה עוד להתעלם ממנה". לדבריו היתה ממש "התפוצצות אוכלוסין" בתחום



כתב היד של אייזק ניוטון, מתוך "פרינקיפיה"

בשנה האחרונה. הוא עצמו ספר 59 מו"לים מפוקפקים של עיתוני גישה חופשית במארס 2012. מספר זה הכפיל את עצמו, לדבריו, כעבור שלושה חודשים, ושיעור הגידול המשיך לעלות פי כמה על הצמיחה של DOAJ.

כדי להשיג רשימת עיתונים מקיפה לחקירה שלי סיננתי את ה־DOAJ, סילקתי עיתונים שאינם באנגלית ומאמרים שלא גובים דמי גישה חופשית סטנדרטיים ונשארתי עם 2,054 כתבי עת הקשורים ל־438 מו"לים. הרשימה של ביאל, שמצאתי באתר האינטרנט שלו ב־4 באוקטובר 2012, כללה 181 מו"לים. החפיפה היתה 35 מו"לים, ופירוש הדבר שאחד מחמישה מו"לים טורפים של ביאל הצליח להכניס לפחות אחד מהעיתונים שלו לתוך DOAJ.

צמצמתי הלאה את הרשימה על ידי הסרת מו"לים שאין להם עיתון מדעי אחד בעל עניין כללי, או לפחות עיתון עם מאמר ביולוגי, כימי או רפואי אחד. רשימת היעדים הסופית הסתכמה ב־304 מוציאים לאור של עיתוני גישה חופשית: 167 מ־DOAJ, בדיוניים. המצאתי את המחברים, כמו אוקורפו מ.ל קובאנג', על ידי החלפה אקראית של שמות פרטיים ושמות משפחה אפריקניים שנאספו מבסיסי נתונים מקוונים, ואחר כך הוספתי באקראי ראשי תיבות של שמות אמצעיים. לצורך השיוך המוסדי, כמו מכון ואסה לרפואה, שילבתי אקראית מילים בסוואהילית ושמות אפריקניים עם שמות גנריים של מוסדות מדעיים ושל ערי בירה שונות באפריקה. קיוויתי ששימוש במחברים ובמכונים מהעולם המתפתח יעורר פחות חשד אצל עורך סקרן שלא ימצא עליהם דבר באינטרנט.

המאמרים תיארו בדיקה פשוטה שמטרתה לברר האם תאים סרטניים גדלים לאט יותר במבחנה לאחר טיפול בריכוזים הולכים וגדלים של מולקולה מסוימת. בניסוי שני טופלו התאים גם במנות הולכות וגדלות של קרינה כדי לחקות טיפול בסרטן על ידי הקרנות. הנתונים היו זהים בכל המאמרים, וכך גם המסקנות: המולקולה הינה מעכב חזק של צמיחת תאים סרטניים, והיא מגדילה את רגישות התאים הסרטניים להקרנות.

שתלתי אותות אזהרה רבים במאמרים. הבוטים ביותר שבהם מופיעים בגרף הנתונים הראשון. הכיתוב של הגרף טוען שהוא מראה השפעה "תלוית־מינון" על צמיחת התאים, אבל הנתונים מראים בצורה ברורה את ההפך הגמור דווקא

121 מהרשימה של ביאל, ו־16 שהופיעו בשתי הרשימות. (קישורים לכל המו"לים, המאמרים והתכתובות, זמינים באינטרנט ב־http://scim.ag/OA–Sting)

הפיתיון

המטרה מבחינתי היתה לחבר מאמר מדעי "אמין" אך שגרתי, שיש בו שגיאות קשות, כאלה ששופט מיומן חייב לזהותן בקלות כחומר רשלני שאינו ראוי לדפוס. אילו הייתי שולח מאמרים זהים למאות עיתונים זה היה מסוכן מדי, אבל המאמרים היו צריכים להיות דומים דיים כדי לאפשר השוואת תוצאות בין העיתונים.

המאמר נראה אפוא כך: מולקולה X ממין חזזית Y מעכבת את הצמיחה של תא סרטני Z. וכדי לגוון את המשתנים יצרתי בסיס נתונים של מולקולות, חזזיות ושושלות של תאים סרטניים וכתבתי תוכנית מחשב במטרה להפיק מאות מאמרים "ייחודיים". חוץ מהבדלים אלה, התוכן של כל המאמרים היה זהה.

כך גם המחברים הבדיוניים, שהיו שייכים למכונים אפריקניים בד בבד שתלתי אותות אזהרה רבים במאמרים. הבוטים ביותר שבהם מופיעים בגרף הנתונים הראשון. הכיתוב של הגרף טוען שהוא מראה השפעה "תלוית־מינון" על צמיחת התאים – התוצאה המרכזית של המאמר – אבל הנתונים מראים בצורה ברורה את ההפך הגמור דווקא. המולקולה נבדקת על פני חמישה סדרי גודל של ריכוזים, עד לרמה פיקו־מולארית, ועם זאת, ההשפעה על התאים צנועה וזהה בכל הריכוזים.

מבט אחד בסעיף "חומרים ושיטות" של המאמר חושף את ההסבר הברור לתוצאה המפתיעה הזאת. המולקולה הומסה בתמיסה המכילה כמות גדולה, שלא כרגיל, של אתנול. בתאים של קבוצת הבקרה היה צריך לטפל באותו ממיס, אבל זה לא נעשה. וכך קרה שה"השפעה" הנצפית של המולקולה על צמיחת התאים היא לא יותר מההשפעה הציטוטוקסית (מרעילת תאים) הידועה של האלכוהול.

הניסוי השני היה שערורייתי עוד יותר. תאי הבקרה לא נחשפו כלל לקרינה כלשהי, כך ש"ההשפעה האינטראקטיבית" היא לא

יותר מהעיכוב הרגיל של צמיחת תאים עקב הקרנה, ואי אפשר להסיק שום מסקנה מהניסוי הזה.

כדי לוודא שהמאמרים יהיו גם פגומים ללא תקנה וגם לא ייראו מזויפים במבט ראשון התנדבו שתי קבוצות של ביולוגים מולקולריים מאוניברסיטת הרווארד לשמש כשופטים עמיתים וירטואליים. תגובתם הראשונה, המבוססת על ניסיונם בשיפוט מאמרים של מחברים מהעולם המתפתח, היתה שהאנגלית שלי עלולה לעורר חשד. תרגמתי אפוא את המאמר לצרפתית בעזרת Google Translate ואחר כך תרגמתי את המאמר בחזרה לאנגלית. אחרי תיקון של התרגומים המשובשים ביותר התוצאה היתה מאמר נכון מבחינה תחבירית עם ניב של מי שאנגלית אינה שפת אמו.

החוקרים עזרו לי גם לעדן את הפגמים המדעיים כך שהם יהיו גם ברורים וגם משעממים להחריד. למשל, בטיוטות המוקדמות היו הנתונים כל כך מוזרים וחסרי פשר עד שהם נעשו "מעניינים" ואולי מלמדים על ניצוץ של פריצת דרך מדעית. הפכתי אותם לשגיאות גסות רגילות מהסוג ששופט צריך לפסול בקלות.

הטענה האחרונה במאמר היתה חייבת להקפיא דם בעורקיו של כל שופט, וכך כתבתי: "בשלב הבא נוכיח שמולקולה X יעילה נגד סרטן בחיות ובבני אדם. אנו מסכמים שמולקולה X היא תרופה מבטיחה חדשה לטיפול משולב בסרטן". אם השגיאות המדעיות אינן סיבה מספקת לדחיית המאמר, הנה קריאתו הגלויה לפסוח על ניסויים קליניים צריכה בוודאי להיות סיבה שכזאת.

העוקץ

וכך, בין ינואר לאוגוסט 2013 שלחתי מאמרים בקצב של עשרה לשבוע, מאמר אחד לעיתון אחד של כל מו"ל. בחרתי עיתונים שהתאימו במידה הגדולה ביותר לנושא המאמר. הבחירה הראשונה היתה עיתון למחקר פרמקולוגי, או לביולוגיה של סרטן, ואחר כך באו עיתונים לרפואה כללית, לביולוגיה או לכימיה. בתחילה השתמשתי בכמה כתובות של יאהו, אחר כך בניתי תחום שירותי דוא"ל משלי, afra-mail.com, לשליחה אוטומטית.

קבוצה קטנה של מו"לים דרשה תשלום מיידי, עם מסירת המאמר לעיתון. מחקתי אותם מרשימת היעדים. האחרים השתמשו ב"מודל הזהב" הסטנדרטי של הגישה החופשית – המחבר משלם אם המאמר מתפרסם. כשעיתון דחה את המאמר, זה היה סוף ההליך מבחינתי. כשעיתון שלח הערות של שופט שביקש שינויים בתבנית או בפורמט, שיניתי ושלחתי את המאמר מחדש. כששופט התייחס לאחת הבעיות המדעיות הרציניות, שלחתי לעורך גרסה "מתוקנת" שהיתה משופרת באופן שטחי – עוד כמה תצלומים של חזזיות, פורמט יותר מצועצע, פרטים נוספים על המתודולוגיה – אבל בלי לשנות אף אחד מהפגמים המדעיים הקטלניים.

לבסוף, אחרי שכתב עת קיבל מאמר לפרסום, שלחתי לעורכו מייל סטנדרטי בנוסח: "למרבה הצער, אחרי שהכנסנו תיקונים בכתב היד שלנו, גילינו טעות מביכה. עכשיו אנו רואים שיש בניסוי שלנו פגם רציני שפוסל את המסקנות". ומשכתי את המאמר.

התוצאות

כשגיליון זה של Science ירד לדפוס, 157 עיתונים קיבלו את המאמר ו־98 דחו אותו. מ־49 העיתונים הנותרים, 29 נראו נטושים – מן הסתם מדובר באתרי אינטרנט שיוצריהם זנחו אותם. מ־20 העיתונים האחרים הודיעו העורכים במייל למחברים הבדיוניים שהמאמר עדיין בשיפוט, וגם אלה הוצאו מהאנליזה. בכל מקרה, קבלת מאמר נמשכה ארבעים יום בממוצע, בהשוואה לעשרים וארבעה יום שנדרשו לדחייתו.

מתוך 255 המאמרים שעברו את תהליך העריכה השלם עד לקבלה או לדחייה, כ־60 אחוז מההחלטות הסופיות התרחשו בלי סימן כלשהו לשיפוט עמיתים. באותם מקרים שבהם המאמר נדחה, מדובר בבשורה טובה: פירושה שבקרת האיכות של העיתון היתה מספיק טובה כדי שעורך יבחן את המאמר וידחה אותו, במקום לשולחו לשיפוט חיצוני. באותם מקרים שהמאמר התקבל, אין כל ספק שמדובר בחותמת כשרות אוטומטית ללא קריאה כלשהי.

מתוך 106 העיתונים שביצעו כנראה איזושהו שיפוט, 70 אחוז קיבלו לבסוף את המאמר לפרסום. רוב השיפוט התמקד אך ורק בתבנית המאמר, בפורמט ובשפה, אך לא בתוכנו. תרגיל העוקץ,

> בחרתי עיתונים שהתאימו במידה הגדולה ביותר לנושא המאמר. קבוצה קטנה של מו"לים דרשה תשלום מיידי, עם מסירת המאמר לעיתון. האחרים השתמשו ב"מודל הזהב" הסטנדרטי של הגישה החופשית – המחבר משלם אם המאמר מתפרסם

> מתוך 255 המאמרים שעברו את תהליך העריכה השלם עד לקבלה או לדחייה, כ־60 אחוז מההחלטות הסופיות התרחשו בלי סימן כלשהו לשיפוט עמיתים. באותם מקרים שהמאמר התקבל, אין כל ספק שמדובר בחותמת כשרות אוטומטית ללא קריאה כלשהי

אם כך, לא בזבז את זמנם של שופטים עמיתים לגיטימיים רבים. רק 36 מתוך 304 המאמרים שנשלחו הולידו הערות ביקורת שזיהו משהו מהבעיות המדעיות, והעורכים קיבלו לפרסום 16 מהמאמרים האלה למרות הדוחות השליליים.

התוצאות הראו שג'פרי ביאל היטיב לאתר מו"לים עם בקרת איכות גרועה: מהמו"לים ברשימה שלו שהשלימו את תהליך הסקירה, 82 אחוזים קיבלו את המאמר. אבל מכאן גם יוצא, כמובן, שכמעט אחד מחמישה ברשימה שלו עשה את הדבר הנכון – לפחות עם המאמר שלי. הפתעה גדולה יותר היא שבין המו"לים של DOAJ שהשלימו את תהליך הסקירה, 45 אחוזים קיבלו את המאמר המזויף.

"קשה לי להאמין", אומר לארס ביורנשוג, מייסד DOAG. "אנחנו עובדים על קביעת קריטריונים חדשים, מוקפדים יותר, להכללה ברשימה שלנו". ביאל, בינתיים, מציין כי בתוך שנה מאז החל תרגיל העוקץ "מספר המו"לים הטורפים ממשיך לעלות בקצב מהיר".

תמונה מדהימה עולה מהתפוצה הגלובלית של המו"לים, העורכים וחשבונות הבנק של עיתוני הגישה החופשית. רוב המו"לים מסתירים את מיקומם הגיאוגרפי האמיתי. הם מפיקים עיתונים נושאי שמות כמו American Journal of Medical and Dental Sciences או European Journal of Chemistry כדי לחקות, ובכמה מקרים לשַבֵּט פשוטו כמשמעו, עיתונים של מו"לים אקדמיים מוכרים ואמינים. אבל המיקומים שנחשפים מכתובות ה־IP ומחשבוניות הבנקים נמצאים במרחק של יבשות משם. שני העיתונים שהוזכרו למעלה מתפרסמים מפקיסטן ומטורקיה, בהתאמה, ושניהם קיבלו את המאמר. העורך הראשי של European Journal of Chemistry, האקאן ארסלאן, פרופסור לכימיה באוניברסיטת מרסין בטורקיה, אינו רואה בכך כישלון של שיפוט עמיתים, אלא הפרת אמון. מצד הכותבים כמובן. כשמאמר נשלח אליו, כך הוא כותב לי, "אנחנו מאמינים שהמאמר שלך הוא מקורי וכל המידע שאתה מספק הוא נכון". American Journal of Medical and Dental Sciences לא ענה למיילים.

מקום מושבם של כשליש מעיתוני היעד בתרגיל שלנו הוא הודו – בגלוי ובנסתר (כפי שנחשף מהכתובות של העורכים ומחשבונות הבנק), מה שעושה אותה לבסיס הגדול בעולם לעיתוני הגישה החופשית. בין העיתונים היושבים בהודו, במדגם שלי, 64 קיבלו את המאמרים הפגומים ורק 15 דחו אותם. ארצות הברית היא הבסיס השני בגודלו, עם 29 קבלות ו־26 דחיות. אבל גם אם העורכים וחשבונות הבנק נמצאים בעולם השלישי, החברה שקוצרת את הרווחים, בסופו של דבר, יכולה לשבת בארצות הברית או באירופה, ובכמה מקרים נמצאים בראש השרשרת בתי הוצאה אקדמיים נודעים.

עיתונים שמתפרסמים על ידי אלסווייר (Elsevier), וולטרס קלובר (Wolters Kluwer) וסאג' (Sage) היוקרתיים, כולם קיבלו לפרסום את המאמר המזויף שלי. "יש לנו מחויבות לדבקות מחמירה בתהליכים ובמדיניות של שיפוט עמיתים בהתאם להמלצות האחרונות של הוועדה הבינלאומית של עורכי עיתונים רפואיים והאגודה העולמית של עורכים רפואיים", הודיע לי נציג של וולטרס במייל. "נקטנו פעולה מיידית וסגרנו את Journal of Natural Pharmaceuticals". ב־2012, דרך אגב, הוכתר סאג' כ"מו"ל השנה" האקדמי והמקצועי של גילדת המו"לים העצמאיים. העיתון של סאג' שקיבל את המאמר המזויף שלי הוא – Journal of International Medical Research. מבלי לבקש שינויים כלשהם שלח עיתון זה מכתב קבלה וחשבונית על סך 3,100 דולר. "אני מקבל אחריות מלאה לכך שהמאמר היתולי הזה הסתנן דרך תהליך העריכה", כתב לי העורך הראשי, מלקולם לאדר, פרופסור לפסיכופרמקולוגיה בקינגס קולג', לונדון ועמית בחברה המלכותית לפסיכיאטריה, כשחשפתי את מעשי. הוא ציין שבכל מקרה הקבלה לא היתה מבטיחה את הפרסום. לדבריו, "המו"ל דורש תשלום מפני שהשלב השני, העריכה הטכנית, הינו מפורט ויקר... מאמרים יכולים עדיין להידחות בשלב הזה, אם יש אי־התאמות שאינן מתבהרות לשביעות רצונו של העיתון". לאדר העיר שלתרגיל העוקץ שלי ישנה גם השפעה מזיקה רחבה יותר: "במחקר, כולל עבודות שמתבצעות במדינות מקופחות, צריך להתקיים יסוד של אמון", הוא כותב, "והפעילויות שלך פוגעות באמון הזה".

שיפוט על ידי עמיתים ועיתוני גישה חופשית

עיתונים מדעיים מפרסמים מאמרים מחקריים רק לאחר שהמאמרים נקראים על ידי מספר חוקרים אחרים בתחום (בדרך כלל שניים או שלושה), המאשרים שהמחקר נעשה בצורה נכונה, שהוא מחדש משהו ושיש ערך לפרסומו. תהליך זה נקרא שיפוט על ידי עמיתים (peer review), מנהג שמקורו באמצע המאה ה־20. השיפוט נעשה בהתנדבות, ומחברי המאמר לרוב לא יודעים את זהותם של השופטים, על מנת להבטיח שיפוט אובייקטיבי. לעתים גם זהות המחברים לא ידועה לשופטים (מודל המכונה double-blind), למרות שבמקרים רבים השופטים מכירים את התחום מספיק טוב כדי לנחש את זהות המחברים. קיים אף מודל מחמיר יותר, שבו גם העורך של העיתון, שתפקידו לטפל במאמר ולבחור את השופטים, לא יודע את זהות המחברים. מטרתם של כל האמצעים האלה היא להבטיח את אמינות השיפוט ואת האובייקטיביות של התהליך. באופן כללי, ככל שתהליך השיפוט נחשב למחמיר יותר, העיתון נחשב לאיכותי יותר ופרסום מאמרים בו תורם יותר לקריירה של המחברים.

רוב העיתונים המדעיים ממומנים על ידי דמי מינוי, שמחירם בדרך כלל גבוה מאוד. הרוב המוחלט של המנויים הם ספריות אקדמיות, הרוכשות בימינו בדרך כלל מינוי המאפשר לכל חברי המוסד לקרוא את העיתון באינטרנט. בשנים האחרונות יש יותר ויותר עיתונים הפועלים במודל של גישה חופשית (open access publishing), שבו כל המאמרים שמתפרסמים ניתנים לקריאה חינם ברשת. מיזם PLOS (Public Library of Science) שהוקם ב־2003 מפרסם מספר עיתוני גישה חופשית שכבר זכו ליוקרה אקדמית משמעותית. גופים המממנים מחקר החלו לדרוש שמחקרים שהם ממנים יפורסמו באופן שיאפשר לכל הציבור לגשת אליהם, למשל מכון הבריאות האמריקאי (מאז 2008) והאיחוד האירופי במסגרת תוכנית הורייזן 2020 שישראל שותפה לה. על מנת לממן את פעילותם גובים לרוב עיתוני גישה חופשית דמי פרסום ממחברי המאמרים לאחר שהמאמר מתקבל לפרסום, כלומר לאחר התהליך של שיפוט על ידי עמיתים. המודל העסקי הזה יכול לעורר חשש שעיתונים כאלה יטו לקבל מאמרים יותר בקלות, על מנת להגדיל את הכנסותיהם. מצד שני, היות שהמודל העסקי שלהם מערער על קיומם של העיתונים המסורתיים, ביקורת מצדם גם היא יכולה להיתפס כלא חפה מאינטרסים זרים.

לעתים משלבים עיתוני הגישה החופשית החדשים גם מודלים חדשים של שיפוט עמיתים. בחלק מהמקרים שמות השופטים מופיעים לצד המאמר, ובחלק מהעיתונים מפרסמים גם את הדוחות של השופטים או לפחות חלק מהם, לרוב בכפוף להסכמה של השופטים ו/או מחברי המאמר (למשל בעיתונים PeerJ ו־F1000Research). מודל קיצוני במיוחד הוא של שיפוט לאחר פרסום, שבו נערכת בדיקה בסיסית בלבד לפני פרסום המאמר, ורק לאחר פרסומו מוזמנים שופטים מסוימים לכתוב עליו חוות דעת או שמתאפשר לכל חוקר המעוניין בכך לכתוב חוות דעת (למשל באתר PubPeer). לטוב או לרע, עיתונים מדעיים אף החלו לאפשר כתיבת טוקבקים על מאמרים מחקריים.

מובן מאליו שלמודלים החדשים האלה יכולה להיות השפעה על הנכונות של חוקרים לשמש כשופטים ועל איכות הדוחות שהם כותבים. קשה לקנא בחוקר צעיר שצריך לדחות מאמר שכתב חוקר בכיר בתחום, שייתכן שהחוקר הצעיר יהיה תלוי בו בהמשך הקריירה שלו, אך הוא לא יכול להגיש את הדוח שלו באופן אנונימי. מובן שגם אם הוא יקבל את המאמר ניתן יהיה לחשוד במניעים שלו. המודל של שיפוט לאחר פרסום ממעיט גם בחשיבות שיש לשיפוט מאמרים בתהליך המדעי עצמו – פעמים רבות דוחות השיפוט מאפשרים למחברים לשפר את המאמרים שלהם באופן משמעותי, ויש מי שיעדיף לפרסם ברבים רק את העבודה המגובשת ביותר, ולא גרסאות מוקדמות שייתכן שיתגלו בהן פגמים. חסידי השיפוט הפתוח חושבים שהתועלת של המודלים החדשים מצדיקה את הסיכונים ואת הקשיים האלה.

רוב השיפוט התמקד אך ורק בתבנית המאמר, בפורמט ובשפה, אך לא בתוכנו. רק 36 מתוך 304 המאמרים שנשלחו הולידו הערות ביקורת שזיהו משהו מהבעיות המדעיות, והעורכים קיבלו לפרסום 16 מהמאמרים האלה למרות הדוחות השליליים

העיתון של אלסוויר שקיבל את המאמר, Drug Invention Today, למעשה אינו נמצא בבעלותה של אלסוויר, אומר טום רילר, סגן נשיא הקשרים התאגידיים הגלובליים של ההוצאה: "אנחנו מפרסמים אותו בשביל מישהו אחר". במייל ל־Science הודיע ראגאוונדרה קולקרני, פרופסור לפרמקולוגיה בקולג' BLDEA לפרמקולוגיה בביג'אפור, הודו, האיש שרשום באתר האינטרנט של העיתון כעורך הראשי, ש"לא היתה לו גישה לתהליך העריכה באלסוויר" מאז אפריל, כשהבעלים של העיתון "התחיל לעבוד על תהליך העריכה". מוסיף טום רילר: "אנחנו מחילים מערכת קריטריונים על כל העיתונים לפני שהם מוצגים על הפלטפורמה של אלסוויר". בעקבות תרגיל העוקץ, הבטיח, "נערוך בדיקה נוספת".

העורך הראשי של Kobe Journal of Medical Sciences, שון־איצ'י נאקאמורה, פרופסור לרפואה באוניברסיטת קובה, יפן, אינו עונה למיילים, אבל עוזרו, ראיקו קארבאס, כותב: "עם קבלת מכתב האישור הסיר ד"ר אובאלאנפה את המאמר", והתייחס בכך למייל הסטנדרטי האחרון ששלחתי (לעיתונים שקיבלו את המאמר). "לכן", המשיך, "למכתב הקבלה ששלחנו... אין שום משמעות".

מו"לים אחרים שמחים על כך שהם לא נפלו בפח. "זו הקלה לדעת שהמערכת שלנו עובדת", אומר פול פיטרס, המנהל האסטרטגי הראשי של הינדאווי (Hindawi), מו"ל עיתוני גישה חופשית בקהיר. הינדאווי היא חברה ענקית – מערכת שמונה אלף עובדים ומטפלת ביותר מ־25 אלף מאמרים בשנה ב־559 עיתונים. כשהינדאווי התחילה להתרחב לעיתוני גישה חופשית ב־2004, מודה פיטרס, "נראינו חובבים", אבל מאז, לטענתו, אתיקת הפרסום היא סיסמתם. השופטים בעיתון הינדאווי אחד, Chemotherapy Research and Practice, דחו את המאמר שלי לאחר שזיהו את פגמיו הבולטים, ועורך הממליץ שאנסה עיתון הינדאווי אחר, ISRN Oncology. גם שם המאמר נדחה.

סוף דבר

מתחילתו של תרגיל עוקץ זה נועצתי בקבוצה קטנה של מדענים שהגישה החופשית קרובה ללבם. כמה מהם אומרים שמודל זה כשלעצמו אינו פסול עקרונית, והאשם נמצא בבקרת האיכות הגרועה שנחשפה בחקירת Science. לו ערכת את הבדיקה שלך בעיתונים מסורתיים מבוססים על דמי מנוי, אמר לי רוס, "אני חושש מאוד שהיית מקבל אותה תוצאה", אבל הגישה החופשית הכפילה ושילשה את עיתוני התת־רמה האלה. "הכול מסכימים שגישה חופשית היא דבר טוב", אומר רוס, "השאלה היא איך מיישמים אותה".

חובתו הבסיסית של עיתון מדעי היא לבצע שיפוט על ידי עמיתים, אומר מייסד arXiv, הפיזיקאי פול גינספארג, המקונן על כך שברור ששיעור גבוה של המו"לים שמפרסמים עיתוני גישה חופשית אינם עושים זאת. לדבריו, לוודא שעיתונים יכבדו את חובתם הוא אתגר שהקהילה המדעית צריכה להתמודד איתו. "עיתונים בלי בקרת איכות הם הרסניים, במיוחד לארצות בעולם המתפתח שבהן ממשלות ואוניברסיטאות מתמלאות באנשים עם כישורים מדעיים מזויפים".

ובאשר למו"ל שהכריח את אלין נוטשה לשלם דמי פרסום, כתובות ה־IP שמופיעות במיילים מ־Scientific & Academic Publishing מגלות שההוצאה יושבת בסין והחשבונית שהם שלחו לי מבקשת העברה ישירה של 200 דולר לחשבון בנק בהונג קונג. עם זאת, החשבונית הגיעה עם בשורות טובות: לאחר תהליך סקירה מדעית ללא תשלום, אחד העיתונים שלהם – International Journal of Cancer and Tumor – הודיע שקיבל את המאמר. בתמורה הצגתי את עצמי כמחבר הראשי אלימו אטואה, וביקשתי להסיר אותו. או אז קיבלתי הודעה אחרונה שנשמעת כמכתב אהבה סוריאליסטי מגיבור בדיוני לחברו:

אלימו אטואה היקר,

אנחנו מכבדים לגמרי את בחירתך והסרנו את המאמר שלך.

אם תרצה לפרסם אותו, הודע לי בבקשה ואשמח לשרת אותך בכל עת.

שלך בכנות,

גרייס גרובי

Who's Afraid of Peer Review? – Science, 4 October 2013

תרגום: נעמי כרמל

מחלות מומצאות ותרופות אמיתיות

בעיות אנושיות שפעם נחשבו חברתיות או מוסריות נודדות בימינו לתחום אחריותם של תעשיינים, רופאים ורוקחים והופכות למחלות. האם לחצים כלכליים ציניים מניעים את התהליך? התשובה לכך מחייבת זהירות מחשש לפטרונות

ד"ר אורי שויד

פעם גברים היו "גברים", אבל היום רוב הגברים מעל גיל 40 סובלים מבעיות זקפה (על פי נתונים של חברת פייזר שהפכו מקובלים). פעם הנשים "לא התלוננו", והיום 43 אחוזים מהן סובלות מבעיות בתפקוד המיני (על פי מחקר מקיף שפורסם בכתב העת של האגודה הרפואית האמריקאית). פעם הילדים היו "ממושמעים", והיום בין חמישה אחוזים לעשרה אחוזים מהם מאובחנים כבעלי הפרעות קשב וריכוז (על פי משרד הבריאות הישראלי), ושיעורים אלה בוודאי יעלו עם הזמן.

ישנם כמה דברים משותפים לשלוש התסמונות הללו – Erectile Dysfunction, Female Sexual Dysfunction, Attention Deficit Hyperactive Disorder. אחד מהם הוא שכולן הפרעות רפואיות רשמיות ומוגדרות. השני הוא שלכולן יש טיפול שעובד פחות או יותר, אך זהו טיפול סימפטומטי שאינו מרפא את המחלה. מכאן שהמטופלים עשויים ליטול את התרופה (ויאגרה, הורמונים או ריטלין) שנים רבות. אך לשלוש הפרעות אלה, ולרבות אחרות, יש מאפיין משותף מעניין יותר: ניסוחה מחדש של בעיה חברתית כבעיה של איזון כימי או ביולוגי.

רבים יטענו שבבסיס תהליך זה עומד האינטרס העירום של חברות התרופות. העסק הטוב ביותר מבחינתן הוא תרופות הרלוונטיות לאוכלוסייה גדולה לנטילה קבועה למשך שנים רבות. על כן חברות התרופות הגדולות מממנות ומפרסמות מחקרים המעלים את המודעות ומורידים את הסף למגוון הפרעות. בנוסף לאלה שהוזכרו בפתיחה ניתן למנות גם את תסמונת הרגל העצבנית (הברך הקופצת הזו? יש לזה תרופה!), תסמונת השלפוחית הרגיזה (קמים יותר מפעם בלילה לעשות פיפי? יש לזה תרופה!), חרדה חברתית (ביישנים? יש לזה תרופה!) ועוד.

המבקרים יגידו שזו הצורה הבוטה ביותר של התהליך שאותו סוציולוגים כמו פיטר קונרד מכנים "מדיקליזציה". בתהליך זה הופכים חוויות ותהליכים שנחשבו אנושיים ונורמליים להיות בעיה רפואית. הדוגמאות הכלליות הבולטות לכך הן לידה ומוות, שבעבר התרחשו בבית וכיום קשה לדמיינם ללא נוכחות רפואית אינטנסיבית.

כפי שצוין, לחברות התרופות תפקיד מרכזי בתהליך זה, אך הסוציולוגיה של הרפואה מראה כי מדובר במהלך מורכב יותר שלו שותפים רבים, ביניהם ארגוני חולים. מרגע היוודע דבר קיומה של תרופה כלשהי שגורמת לילדים לשבת ולא להפריע בכיתה – רופאים, פסיכולוגים, מורים וכמובן ההורים יוצאים ממוקדי מטרה לאבחן בעיות קשב וריכוז. כך גם בתחום האון. מרגע שמיוצרת תרופה שמורידה לגברים את סף הגירוי המיני, מלמדות חברות התרופות גברים שאל להם להשלים עם בעיות מזדמנות בזקפה. במילים אחרות, יותר ויותר מהחלקים המתסכלים של החוויה האנושית, כמו התמודדות עם הזדקנות הגוף, התמודדות עם קושי ועם תחרות בבית הספר או התמודדות עם בחירות של סגנון חיים כתזונה ופעילות גופנית, עוברים ניסוח מחדש לבעיה רפואית בעלת שם ופתרון, שעיקרו פתרון תרופתי.

מובן שתהליך זה, שבו "מומצאים" סינדרומים חדשים, מגדיל את רווחיהן של חברות התרופות. פחות ברור האם עובדה זו כשלעצמה היא אקדח מעשן ומרשיע שאמור לגרום לנו להתנגד לתהליך.

האדם החושב, אוגוסט רודן, סוף המאה ה־19. פסל הברונזה מצולם בקרני X. "נשיונל גלרי אוף ארט", וושינגטון

העסק הטוב ביותר מבחינת חברות התרופות הוא תרופות הרלוונטיות לאוכלוסייה גדולה לנטילה קבועה למשך שנים רבות. על כן הן מממנות ומפרסמות מחקרים המעלים את המודעות ומורידים את הסף למגוון הפרעות

מובן שהתהליך שבו "מומצאים" סינדרומים חדשים מגדיל את רווחיהן של חברות התרופות. פחות ברור האם עובדה זו כשלעצמה היא אקדח מעשן ומרשיע שאמור לגרום לנו להתנגד לתהליך

התשובה מורכבת. ראשית, ברור שהתרופות הללו אכן מספקות הקלה אמיתית לנוטלים אותן. שנית, מסיבות רגולטוריות ואחרות זהו חלק מתהליך צבירת הידע על חומרים שונים שעשויים לשמש למגוון טיפולים, וייתכן שאנו רק מתחילים להבין את הפוטנציאל הגלום בהם (כך, למשל, לחלק ניכר מהמחלות המומצאות התרופה המוצעת היא ממשפחת ה־SSRI, שיעילותה הוכחה למגוון בעיות, "מומצאות" וותיקות כאחת). עמדה ביקורתית כלפי שימושים כאלה, המספקים הקלה לאנשים, נגועה בהכרח במידה כלשהי של פטרונות, ועלינו להיזהר שלא להשליך את תינוק הבריאות יחד עם המים האנטי תאגידיים.

בעיה מורכבת יותר שמעלה הדיון במחלות ובתרופות נוצרת במפגש שבין הקלה לעומת ריפוי והקשר חברתי לעומת מקור גופני אורגני. המדיקליזציה מנסחת מחדש בעיות שבעבר נחשבו מוסריות או חברתיות כבעיות אורגניות. בכך היא גם מחליפה תקווה לריפוי בסיכוי להקלה. ניתן לדמיין מגוון פרקטיקות חברתיות שיורידו באופן דרמטי את שיעורי הדיכאון, ההתמכרויות, הפרעות הקשב ומגוון בעיות אחרות באמצעות שינויים בבתי הספר, בעולם העבודה וברשת הביטחון החברתית. אך בהפקידנו כחברה תופעות מסוימות בידיהם של רופאים ורוקחים, אנו מפקיעים את האחריות המוסרית על בעיות אלה מידי החברה וממקמים אותן בגוף הפרט, ולא, למשל, בהסדרים חברתיים. להפקעת אחריות זו יש יסוד משחרר וכובל כאחד. הילד אינו טיפש, עצלן, או פזיז – הוא סובל מהפרעת קשב וריכוז. ניסוח מחדש זה עשוי להיות מדכא או משחרר, חיובי או שלילי, בהתאם לנקודת המבט. יש משהו משחרר בכך שניתן ליטול כדור שישהה את המרוץ לקריירה או לציון בבחינה או ייטיב את מקומנו בו. ועדיין, כפי שמיטיבה לתאר אווה אילוז לגבי הפסיכיאטריה בכלל, בנטילת הכדור אנו מאשרים מחדש את נכונותנו להשתתף במרוץ זה, כובלים עצמנו אליו ומונעים את שינוי כללי המשחק.

המחקר המדעי
תמונת מצב / 5

תעשיית התגליות זקוקה לתיקון

כישלונות במחקר המדעי המערערים על אמינות המדעים אינם קשורים רק לסוגיות סוציולוגיות של פרסום, כבוד וכסף, שכן אלה תמיד הניעו את החוקרים. הקושי טמון בתיעוש המחקר ואי התאמתו לשיטות בקרה סטטיסטיות תואמות. החדשות הטובות – אפשר להתמודד עם הבעיה

פרופ' יואב בנימיני

פס ייצור של מכוניות פורד T, דטרויט, 1926. המהפכה בתעשיית המכוניות שנמשכה מאה שנה מתרחשת במחקר המדעי בפחות משני עשורים וגם בקרת איכות המחקר מחייבת שינוי הולם

צילום: ויקיפדיה

בעולם המדעי התפרסמו בשנים האחרונות שורת מאמרים שתיעדו בעיות הקשורות לממצאי מחקר מתחומים מדעיים שונים. התברר כי מחקרים חדשים סתרו תוצאות קודמות של ניסויים שאותם ניסו לשחזר או להמשיך. כך היה במחקרים אפידמיולוגיים, במחקרי תזונה, בחקר המוח ובחקר ההתנהגות. כך גם במחקרים גנטיים שבהם מנסים לקשור בין סמנים גנטיים לבין תחלואה במחלות כמו סוכרת או יתר לחץ דם, כדי להבין את המנגנונים המעורבים במחלה. גם במדע השימושי יותר ניתן למצוא סימנים לבעיות דומות: לפני כחמש שנים התריעו במנהל המזון והתרופות האמריקאי (FDA), האחראי על רישוי תרופות חדשות, שכמחצית מהתרופות החדשות שהגיעו לשלב הניסויי השלישי והמכריע לא עברו אותו בהצלחה ולא הורשו לשימוש. כדי להבין את חומרת התופעה צריך לדעת שניסוי מגיע לשלב השלישי אחרי סדרה לא קצרה של ניסויים קודמים שפורסמו בספרות המדעית. הסכומים המושקעים בניסויי השלב השלישי אדירים, שכן הם מנוהלים בקפדנות רבה ומערבים חולים רבים. יתר על כן, אם אין תועלת בתרופה המוצעת, מאות ואף אלפי חולים נחשפו לשווא לטיפול הניסיוני, ואם אכן התרופה מיטיבה עם החולה, אך נכשלת ברישוי, התוצאה בוודאי גרועה.

בעיית הכישלונות הללו מעסיקה רבים בעולם המדעי. עיתוני המדע המובילים Nature ו־Science התייחסו לנושא במאמרי מערכת, וגופי מחקר אמריקאיים כמו המכון הלאומי לבריאות והקרן הלאומית למחקר הקימו צוותי חשיבה בנושא. גם בארץ נערכה בינואר 2015 סדנה בנושא זה בהקשר של ניסויים הנערכים בבעלי חיים, ובפברואר השנה השתתפתי בדיון שנערך מטעם הקרן הלאומית למחקר בארצות הברית בניסיון להציף את הבעיות הסטטיסטיות שעומדות בפני חוקרים בתחומים השונים.

חולשת ההסבר הסוציולוגי

התבטאויות של מדענים ושל עיתונאים המסקרים את התחומים הרלוונטיים מייחסות את התופעה לגורמים הקשורים הן לסוציולוגיה של המדע והן לפסיכולוגיה של המדענים. למשל, חשיבותם של הפרסומים המדעיים לקבלת קביעות במוסדות אקדמיים ולהתקדמות בדרג האקדמי, או הצורך לפרסם תוצאות מרשימות על מנת לזכות במענקי מחקר שבלעדיהם לא ניתן להמשיך במחקר. כל אלה מעודדים חוקרים לפרסם תוצאות שאינן מבוססות דיין. לעתים נדירות מגיעה התופעה עד למעשי מרמה של ממש, ומקרים אלה זוכים לתגובה זועמת ונחרצת: דידריק סטאפל מאוניברסיטת טילבורג בהולנד ומרק האוזר מאוניברסיטת הרווארד אולצו לפרוש ממשרותיהם בעקבות גילוי בעיות של שינוי נתונים במחקריהם. עם זאת, לצד מקרי הקיצון הללו קיים תמיד ונפוץ בהרבה החשש מפרשנות יתר של תוצאות מחקר ומהדגשת הממצאים התומכים בלבד.

מצד שני יש להביא בחשבון את עובדת קיומם של עורכי העי־

תונות המדעית כגורם מדרבן לפרסום ממצאים חיוביים מרעישים. לא סוד הוא שמעניין יותר לפרסם מחקר המוצא קשר בין אכילת פיצה להורדת הסיכוי לסרטן הערמונית מאשר לפרסם שלא נמצא קשר בין למעלה ממאה סוגי מזון שונים לבין סרטן כלשהו. כך, למשל, בטובים שבעיתונים המדעיים מטילים איפול על תוכנם של מאמרים שהתקבלו לפרסום עד יום הפרסום עצמו, כאשר בינתיים מכינים את מערכת יחסי הציבור עבורם. התחרות הקיימת ב"ליגת העל" של העיתונות המדעית באשר לפרסום מאמר מדעי דומה לזו הקיימת בעיתונות הרגילה לגבי סקופים.

יש המאשימים את האינטרסים הכלכליים בתוצאות מחקרי המדענים, בין במודע ובין שלא במודע. כאן אפשר למנות את רצון החוקרים לרצות גורמים ממנים, למשל על ידי מתן אישור לחברת תרופות לגנוז פרסום תוצאות מאכזבות או נטיית אוניברסיטאות מדולדלות תקציב להישען על חברות ביישום הידע שלהן.

הדוגמה הבאה, כך נראה, מאששת טענות כאלה. במחקר שהתפרסם ב־2006 השתמשו חוקרים בנתוני התבטאות גנים בקרב חולים בסרטן כדי להחליט איזה משטר טיפולי כימותרפי מתוך כעשרים המשטרים הידועים יסייע לחולה. התוצאות נראו מרשימות וסיפקו, לכאורה, כיוון לטיפול מותאם אישית בסרטן. בעקבות כך הקימה אוניברסיטת דיוק בארצות הברית חברת יישום למסחור הגישה הטיפולית החדשה, ואף החלה בניסוי קליני. אלא ששני סטטיסטיקאים ממרכז אנדרסון לחקר הסרטן ניסו לשחזר את הניתוח הסטטיסטי מתוך המידע שניתן במאמר, ולא הצליחו. הם גילו בעיות של אי תאימות בנתונים וניסו להתריע עליהן בעיתונים המרכזיים שבהם פורסמו תוצאות המחקר המקורי ומחקרי ההמשך. משלא הצליחו בכך, פרסמו השניים את ביקורתם בעיתון סטטיסטי. הביקורת החלה לעורר ספקנות בציבור המשקיעים, אולם רק כאשר נוסף הגילוי שהחוקר הראשי התגאה בעיטור כבוד שבו לא זכה, נערכה בדיקה מעמיקה שבעקבותיה הוכר בכך שהמחקר לקה בכשלים מתודיים, ובעצם נבנה על כרעי תרנגולת.

מקרים שכאלה מכתימים ציבור שלם של חוקרים העושים מלאכתם נאמנה ונותן פתח לביקורת חסרת בסיס אף על המדע בכללותו. לכן יש לזכור שהתופעות הדרמטיות המתוארות הן עדיין מועטות. יתר על כן, כל הנימוקים הסוציולוגיים הללו מתעדים תופעות שמלוות את המדע זמן רב ולא השתנו דווקא בעשור האחרון. פרסום, כבוד וכסף תמיד היו כוח מניע. לפיכך, אם הבעיה החמירה ואמנם קיימת עלייה במספר התגליות המדעיות השגויות, ההסבר לכך – ולכן גם הטיפול – צריכים להיות שונים.

פרסום, כבוד וכסף ליוו את המדע זמן רב ולא השתנו דווקא בעשור האחרון. לפיכך, אם אמנם הבעיה החמירה וקיימת עלייה במספר התגליות השגויות, ההסבר לכך, וגם הטיפול, צריכים להיות שונים

מהפכת התיעוש המדעי

ההסבר העיקרי, לדעתי, הוא מכיוון אחר: העשייה המדעית בתחומי מדע רבים עוברת שינוי דרסטי. למען הפשטות הייתי אומר שהמחקר המדעי עובר תהליך של תיעוש, הזוכה לשמות אחרים בתחומים שונים. בתחומים הנשענים על נתונים קיימים, כמו אפידמיולוגיה, כלכלה, סוציולוגיה ותקשורת, השימוש בכמויות נתונים אדירות זוכה לכותרת Big Data, כמו גם Data Mining (כריית מידע). במדעים הניסויים ההישענות היא על שיטות High-throughput שבהן הניסויים וניתוח תוצאותיהם נעשים באוטומציה כמעט מלאה. בפיזיקה ובאסטרונומיה, שבהן העשייה המדעית נשענת על מכשור יקר וייחודי, ההליך זוכה לעתים לכותרת Big Science.

אם נשווה זאת לשינויים שעברה תעשיית המכוניות אפשר יהיה להבין מדוע אני מתאר זאת כתיעוש העשייה המדעית. ייצור המכוניות עם מנוע השריפה הפנימית החל ב־1888 על ידי חברת בנץ (לימים מרצדס בנץ). חמש מכוניות יוצרו אז בשנה בעבודה יחידנית. ב־1902 יושם לראשונה פס ייצור סדרתי של מכוניות על ידי אולדסמוביל, שממנו ירדה מכונית בכל שעתיים, או כ־1,500 בשנה. הנרי פורד שיפר את תהליך הייצור, וב־1914 יוצרו ממודל T המפורסם כארבע מכוניות בשעה, או כ־12 אלף מכוניות בשנה. פס הייצור הרובוטי החל ביפן בשנות השמונים של המאה הקודמת, ומאז שוכלל לאין ערוך. היום זו הדרך שבה מיוצרות 70 מיליון מכוניות חדשות מדי שנה, עם התערבות קטנה ביותר של מפעילים אנושיים, השולטים על התכנון ועל התהליכים, אך לא על הביצוע.

במדע מתרחש תהליך דומה. ניקח, למשל, מחקרים המשווים את התבטאותם של גנים בשני מצבים שונים, למשל בתא סרטני לעומת תא שפיר. בדגימה שערכנו מקרב מאמרים בעיתון מוביל בגנטיקה, מאמר בכל שנה, מצאנו שב־1994 דיווחו החוקרים על התבטאותם של כעשרה גנים. ניתוח ההתבטאות של כל אחד מהגנים היה תהליך ממושך של עבודה ידנית ויחידנית. ב־1995 כבר אפשר היה למצוא דיווח על התבטאויות של כשמונים גנים במאמר. המספר ממשיך ועולה באופן מעריכי: ב־1996 נמצאו כאלף התבטאויות גנים מדווחים, משום שבשלב זה החלו להיכנס לשימוש טכנולוגיות ניתוח חדשות שאפשרו "ניסויים אוטומטיים" הנערכים במקביל על כל הגנים או הסמנים, ובקו ייצור סדרתי. בשנים שלאחר מכן נמשך הגידול המדהים הזה בתפוקת המחקר הגנטי. ב־1997 נמצאו כ־4,000 דיווחי התבטאויות גנים וב־2001 דווח על כ־12 אלף. כיום מדידה בו־זמנית של התבטאות כל הגנים, כ־37 אלף הגנים שבגנום האנושי, היא בבחינת הסטנדרט כמעט בכל ניסוי. כשמדובר על סמנים גנטיים על הגנום כולו, הניתוח הרגיל בימים אלה כולל כחצי מיליון סמנים. במחקר שערכנו לאחרונה חיפשנו קשרים מעניינים בין סמנים גנטיים לגודלם הפיזי של אזורים במוח, חיפוש על פני 13.5 מיליארד קשרים אפשריים. כך אפשר לומר בהקבלה שהמהפכה בתעשיית המכוניות שנמשכה מאה שנה מתרחשת במחקר המדעי בפחות משני עשורים!

Big science. כמות הנתונים האדירה שמצטברת ממחקרים מחייבת אימוץ עקרונות בקרת איכות המקובלים בתעשייה. בתמונה: מידול מוח זבוב הפירות

צילום: ד"ר מארי סובר ואינול הודה, מאוניברסיטת וושינגטון וד"ר מיכאל דיקינסון, מהמכון הטכנולוגי של קליפורניה

נחזור לרגע לייצור המכוניות. מה בדבר איכות המוצר? האם היום, כאשר הייצור הוא בקנה מידה של מיליוני כלי רכב, יצרני המכוניות משתמשים באותן שיטות לאבטחת איכות המכוניות כמו אלה ששימשו אותם בעבר, כאשר הייצור היה מוגבל למכוניות בודדות? ברור שלא. בחברת בנץ ליטף האומן כל מכונית חדשה, נסע נסיעת מבחן והריח את שמן המנוע כדי לוודא שאין בה פגם. רק בתקופת מלחמת העולם השנייה, עשרים וחמש שנה מאוחר יותר, נכנסו לשימוש שיטות בקרה תהליכית סטטיסטית כדי לשמור על האיכות בפסי הייצור. תעשיית המכוניות היפנית הבחינה שאין די בכך, ובשנות השמונים של המאה ה־20 החלה להשתמש בשיטות ניהול כוללני של איכות – Total Quality Management, או TQM. ואכן, איכותן המיוחדת של המכוניות היפניות בשנים ההן הביאה לכך שגישות TQM מצאו את דרכן לכל העולם, וכיום הן מוטמעות בכל תהליכי הייצור והשירות המודרניים.

אשמת הסטטיסטיקה

ומה במדע? בבסיס השיטה המדעית ניצבת ההכרה שמסקנות צריכות להיות מבוססות על נתונים אמפיריים. עם זאת, הנתונים תמיד חלקיים ולא מדויקים. לעולם תיתכן שגיאה. וכפי שמדענים למדו להסתמך על קירוב באמצעות מודלים מתמטיים לתיאור

המציאות, כך גם למדו לסמוך על הסטטיסטיקה כדי לתחום את השגיאה בהוצאת מסקנות מניסוי אמפירי.

לפני כמאה שנה ביסס הסטטיסטיקאי והביולוג האבולוציוני רולנד פישר את העיקרון שעל מנת שתוצאת ניסוי תיחשב מבוססת היא צריכה להיות מובהקת סטטיסטית עם שיעור שגיאה של פחות מחמישה אחוזים. כלומר, גם אם אין כל תופעה ממשית מאחורי התוצאה והיא נובעת מאקראיות ומשגיאות מדידה בלבד, קיים סיכוי, קטן אמנם, שהתוצאה תעבור את הרף שהוצב על ידי פישר. עיקרון זה שימש את המדע היטב עד לאחרונה.

אבל אם בודקים עשרות, מאות ואף אלפי תוצאות אפשריות ובוחרים מהן את התגליות על פי הקריטריון שמגביל את הטעות לחמישה אחוזים לכל תוצאה בנפרד, מספר השגיאות הצפוי הולך ומתנפח.

לדוגמה, בסריקה אחר תגליות בקובץ של תוצאות המכיל ארבעים תוצאות שהן תגליות מדעיות אמיתיות ואלף תוצאות שאין מאחוריהן דבר, נצפה למצוא בכל זאת חמישים תוצאות שהן תגליות שגויות, לפי הקריטריון המקובל של פישר למובהקות סטטיסטית (חמישה אחוזים מאלף).

ואפילו אם נצליח בנוסף לבחור נכונה את כל התגליות הנכונות (ובדרך כלל איננו מגיעים לכך), עדיין רוב התגליות יהיו שגויות: חמישים לעומת ארבעים. אם לא נתאים את השיטות הסטטיסטיות למצב החדש, מספרן של התגליות השגויות יעפיל על מספרן הקטן של התגליות האמיתיות שאותן אנו מחפשים, ושיעורן של התגליות השגויות בין סך תגליותינו יהיה גדול.

כך אפשר להסביר את כל טענותיו של ג'ון איונידיס מאוניברסיטת סטנפורד, שבמאמרו המפורסם Why Most Published Research Findings are False, "מוכיח" שרוב התגליות המתפרסמות שגויות: הוא טוען למשל שככל שתחום מחקרי "חם" יותר, כך יש בו יותר תגליות שגויות, על פי: שטח חם, יותר חוקרים, יותר מחקרים, יותר תגליות אפשריות ואיתן יותר שגיאות. אך לאמיתו של דבר, כל שהראה למעשה הוא את הדרך שבה נכשלות השיטות הישנות בבואן להתמודד עם בעיות גדולות. התוצאה המתסכלת היא האשמה המוטלת על כתפי הסטטיסטיקה לכשעצמה, ולא על השימוש הלא נאות בשיטותיה. כך, למשל, כתב עת סוציולוגי (אמנם לא מרכזי) הטיל בפברואר השנה חרם על השימוש בגישת המובהקות הסטטיסטית ודרש מהכותבים בו להימנע מכל שימוש בשיטות סטטיסטיות מעבר לתיאור הנתונים.

בצעד הזוי הטיל עיתון סוציולוגי בפברואר השנה חרם על השימוש בגישת המובהקות הסטטיסטית, ודרש מהכותבים בו להימנע מכל שימוש בשיטות סטטיסטיות מעבר לתיאור הנתונים

שני נדבכים

אבל שיטות סטטיסטיות חדשות, המתאימות לעידן המדע התעשייתי – קיימות. שיטות אלה מבטיחות שליטה על שיעור התגליות השגויות במחקר (False Discovery Rate, או FDR) באופן ישיר, על ידי הצבת רף גבוה יותר לקביעת תגלית, רף המשתנה ממחקר למחקר. הרעיון והשיטה הבסיסית ליישומו הופיעו ב־1995 במאמרי המשותף עם פרופ' יוסי הוכברג, גם הוא מאוניברסיטת תל אביב. בשיטה זו מנמיכים בהדרגה את סף המובהקות הסטטיסטית לרמות נמוכות יותר ובודקים את מספר התוצאות הצפויות לעבור רף זה בשגגה לעומת מספר התוצאות שעוברות את הרף למעשה, עד שמגיעים לרף שמבטיח ששיעור התגליות השגויות בין התגליות לא יעלה על הרצוי.

חלופות שונות ורבות לשיטה זו פותחו מאז בהמשך לרעיון בסיסי זה. משתמשים בהן בהרחבה בבעיות הגדולות ביותר, שם המדענים כבר ערים היטב לצורך לשלוט על שיעור התגליות השגויות, ואכן המאמר המקורי הוא בין מאה המצוטטים ביותר בעולם המדעי. אולם קצב החדירה של שיטות אלה עדיין איטי יחסית למהירות ההתפשטות של התהליך התעשייתי במדע. ברפואה, למשל, כמו גם בפסיכולוגיה ניסויית, במדעי החברה ובמחקרים פרה־קליניים, נעשה בהן שימוש מזערי.

אם כך, האמנם יש לשיטה המדעית בעיה לפחות בעת הנוכחית, בתקופת המעבר, עד לאימוץ התיקונים הסטטיסטיים הנדרשים? לאו דווקא. עיקרון נוסף שבבסיסה של השיטה המדעית מהווה בעצם חומת הגנה ממכשלות שכאלה. תגלית מדעית מבוססת היטב רק אם חוקרים אחרים יכולים לחזור ולקבל אותה במעבדה אחרת, באוכלוסייה אחרת, בבית חולים אחר, אולי אפילו בשיטה קצת שונה. דרישה זו מתגלית מדעית נקראת הדירות (replicability). בנושא זה אין הנחות. אין תגלית מדעית מקודשת. כל תגלית עומדת למבחן שוב ושוב, והספקנות הבסיסית הדרושה לכך היא תכונת יסוד חיונית למדען.

ההכרה בחשיבות בדיקת ההדירות זוכה לתשומת לב מחודשת, וזאת למרות שב"מדע גדול" חזרה על ניסוי היא מבצע יקר

שאינו מניב תוצאות הראויות. בפסיכולוגיה ניסויית, תחום שבו אירעו כמה מהאירועים המביכים, החל לפני כשנתיים מאמץ מרוכז של מדענים לחזור על כל הניסויים שתוצאותיהם פורסמו בשלושה עיתונים מובילים לפני חמש שנים (ראו מאמרו של ד"ר יואב בר־ענן בגיליון זה). בחקר הרקע הגנומי למחלות כגון סוכרת, יתר לחץ דם וסכיזופרניה מתארגנים מאגדים גדולים הכוללים מספר רב של קבוצות מחקר, ומנסים להעריך בעבודה משותפת אילו מהתוצאות מקבלות אישוש ביותר ממרכז מחקר אחד, ולכן עוברות את מבחן ההדירות.

קצב החדירה של השיטות הסטטיסטיות השולטות על שיעור השגיאות עדיין איטי יחסית למהירות ההתפשטות של התהליך התעשייתי במדע. ברפואה למשל, כמו גם בפסיכולוגיה ניסויית, במדעי החברה ובמחקרים פרה־קליניים, נעשה בהן שימוש מזערי

אולם לא תמיד חזרה על ניסוי באופן עצמאי לבדיקת ההדירות אפשרית, וגם כאשר בדיקת ההדירות אפשרית, הזמן העובר בין ההכרזה הראשונית על התגלית לבין בדיקת הדירותה יכול להיות קריטי. קחו למשל את המקרה שהגיע לכותרות בשנה שעברה.

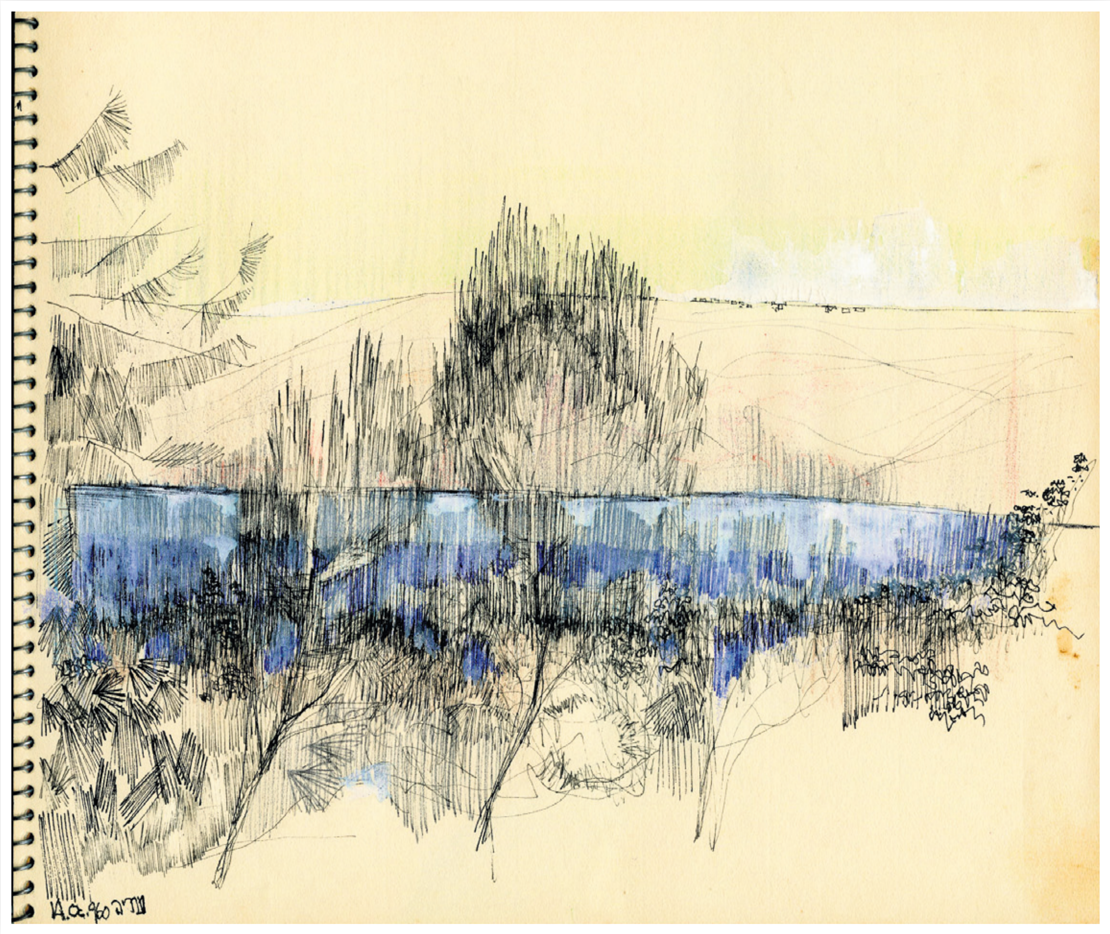
כרמן ריינהרט וקנת' רוגוף (Reinhart - Rogoff) הם שני כלכלנים מהרווארד שפרסומם בא להם, בין השאר, משום שחזו את המפולת הגדולה בשוק הנדל"ן האמריקאי ב־2008, מפולת שסחפה אחריה, כזכור, את הכלכלה העולמית. בשנת 2010 פרסמו השניים עבודה אמפירית שממנה הוציאו את המסקנה שאם החוב הלאומי מגיע ל־90 אחוז מהתוצר הלאומי הגולמי, צמיחת המשק הופכת לנסיגה. הם קראו לאותה נקודה קריטית של היפוך המגמה Tipping point. המסקנה שלהם הביאה לכך שכאשר יוון התקרבה לאחרונה לנקודה זו הטיל עליה הבנק האירופי אמצעי צנע חמורים כתנאי לעזרה. ההפגנות, בחלקן אלימות, זכו לסיקור נכבד, כמו גם הפיטורים, האבטלה והשקיעה החברתית שנבעו ממנה. גם איטליה וספרד התקרבו לאותה נקודת אל־חזור מסתורית.

בד בבד ניסו כלכלנים אחרים לקבל תוצאה דומה באמצעים אחרים: נתונים אחרים, שיטות אחרות, ולא הצליחו. הניסיונות הכושלים הללו הביאו חוקרים צעירים מאוניברסיטת מסצ'וסטס לנסות לשים ידם על הנתונים ועל הניתוח המקורי של ריינהרט ורוגוף, ולפני יותר מחצי שנה הכריזו שהתוצאה המקורית אינה ניתנת לשחזור. והסיבה? הניתוח המקורי נעשה באמצעות גיליון אקסל, ובעת שרוגוף וריינהרט בחרו את השורות שעליהן הריצו את המודל שלהם, נשמטו מספר שורות מהבחירה. ואם כוללים את אותן שורות בניתוח, ונמנעים מהנחות נוספות שעשו (ושכעת ניתן היה להבחין בהן), נעלמת נקודת המפנה המאיימת. עדיין, ככל שהחוב עולה הצמיחה יורדת, אך אין סיבה להתייחס לאותם 90 אחוזים באופן מיוחד. כאן, בגינה של חוסר הדירות, התוצאה נתגלתה כבעייתית, אך העיכוב (של שנתיים) והסבל הרב שנגרם בינתיים היו יכולים להיחסך אם היו החוקרים נוקטים בפתיחות המאפשרת לבדוק את שחזור מחקרם, מנתוניהם למסקנתם, מיד עם פרסום המחקר המקורי.

הלקח הוא ששקיפות בתהליך הניסוי וניתוח הנתונים יחד עם הבטחת יכולת לשחזור תהליך עיבוד הנתונים חייבות להיות הנדבך הראשון בהבטחת ההדירות (ואם נודה על האמת, זו אינה רק הבטחת יכולתם של אחרים, אלא ראשית ההבטחה שאתה עצמך תוכל לחזור ולקבל את אותן תוצאות בעוד שנה). דרישה זו ליכולת שחזור של כל הדרך מטופס איסוף הנתונים, או בסיס המידע, דרך הקוד ששימש לניתוח הנתונים עד לתרשים במאמר, נקראת reproducibility ומוכרת גם כדרישת שקיפות (Transparency). מספר עיתונים מדעיים חשובים דורשים אותה לאחרונה במידה רבה יותר, והיא מופיעה במרבית המלצות הוועדות השונות.

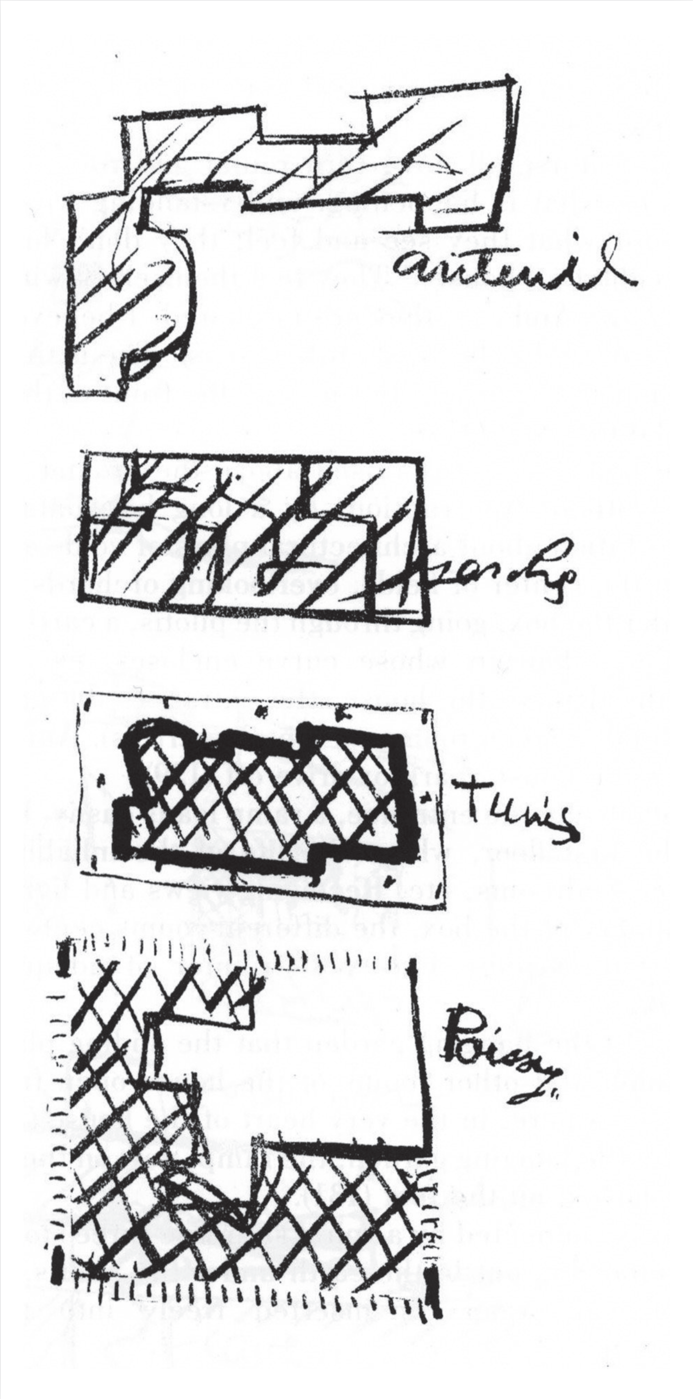
יוזמת reproducible research, הפועלת בכיוון זה, משלבת אנשי מדעי המחשב, מתמטיקאים שימושיים וסטטיסטיקאים שעוסקים במאמץ לפתח כלים שיאפשרו תיעוד אוטומטי של מסלול החישוב וניתוח הנתונים. כמו באגדת האחים גרים, שבה הנזל וגרטל פיזרו פירורי לחם כדי למצוא את דרכם חזרה הביתה, המאמץ נועד לאפשר את שחזור הניתוח. עם זאת, כדי שהציפורים לא יאכלו את הפירורים, כפי שקרה באגדה, והמסלול ייעלם, הרעיון במקרה זה הוא לא להחליף את הפירורים בחצץ, אלא לשמור אותו בבסיס נתונים נפרד.

לצד מאמצי הבטחת יכולת השחזור הללו, השיטות הסטטיסטיות שעליהן כבר דיברנו, המתאימות עצמן לאפשרויות הבחירה העצומות בהיקפן העומדות בפני החוקר במדע התעשייתי, הן הנדבך השני בהבטחת אמינות המחקר. הישענות על שני הנדבכים הללו תבטיח שרוב התגליות המדעיות המדווחות לראשונה אכן יהיו נכונות. X



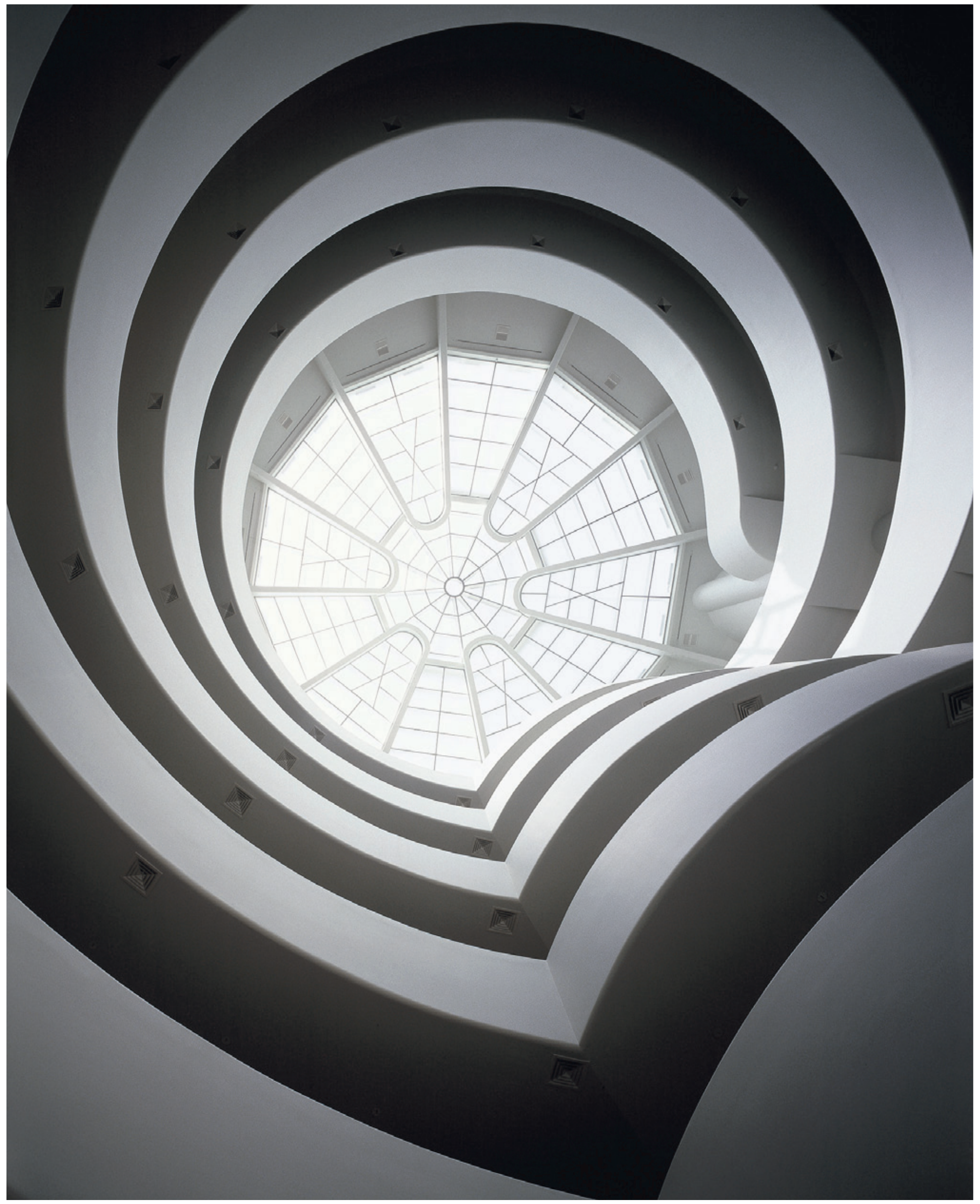
הסקיצות של אבי
אחת מעשרות הסקיצות של אבי, האדריכל דב כרמי, שהרבה לרשום בעט ובצבעי פסטל בניינים ונופים. בעתות הפנאי היה יוצא אל הנוף הפתוח, וביד קלה ועדינה הרבה לצייר את הרוח.

לה קורבוזייה
אני אוהבת את הסקיצות הרעיוניות של לה קורבוזייה שנרשמו במשך השנים ביד חזקה, בבהירות ובצמצום מרבי וביטאו עקרונות תכנון שלא נס ליחם.



הפנתאון ברומא

הפנתאון ברומא הוא מבנה מופלא שהוקם על ידי הקיסר אדריאנוס בשנת 125 לספירה. המבנה הוא בעל תוכנית מעגלית מופנמת היוצרת חוקת משחק גיאומטרית ממוקדת שנפתחת כלפי מטה ומתכווצת כלפי מעלה. הכיפה המתנשאת מעל הקירות העוטפים את המבנה מסתיימת בצוהר עליון שדרכו חודר אור טבעי למרכז החלל הפנימי. עמוד האור הוא השחקן הראשי במבנה, משנה כיוון ועוצמה יום יום ומהפנט את עין המבקרים. קשה להיפרד ממנו.



הגוגנהיים

מוזאון גוגנהיים בניו יורק תוכנן על ידי פרנק לויד רייט בשנת 1937. מבנה מעגלי מופנם המתכווץ כלפי מטה ונפתח כלפי מעלה. אור טבעי חודר את המבנה דרך פתח ענק בתקרה ומציף את החלל. האור הוא כמו אובייקט סטטי, קבוע והומוגני, ואילו הגלריות סביבו דינמיות וסיבוביות. הן שועטות בחלל, מטלטלות והופכות אותנו הצופים לשחקן הראשי.

ספריית Sainte-Genevieve

הנרי לברוסט תכנן ובנה בפריז את ספריית Sainte-Genevieve בסוף המאה ה־19 ויצר את אחת הספריות הבודדות העוצרות את הזמן. הוא הצליח לעבוד בשתי שפות אדריכליות במקביל. שילוב של קונסטרוקציה חדישה ומרהיבה ממתכת עם מעטפת חיצונית מאבן שמעוגנת באדריכלות הקלאסית. הקונסטרוקציה המרחבית מהדהדת לאורך החלל הפנימי ומותחת אותו ואת קירות הספרים לעבר האופק. זוהי ספרייה אינסופית – שאין לה קצה.

מוזיאון רוקפלר בירושלים

מוזיאון רוקפלר בירושלים תוכנן על ידי אוסטין סנט ברב הריסון ונחנך ב־1930. המבנה עטוף בקירות אבן כבדים ובמרכזו חצר פנימית ים תיכונית פתוחה לשמים. לאורכה אכסדראות הספוגות בצל עמוק. כשנעים סביב החצר התודעה מרוכזת באכסדראות שכמו צפות מעליה כדרך האדריכלות המודרנית. רק בקצות החצר ובמבט לאחור מתגלה מגדל המתנשא מעל לכניסה. נוכחותו, המורגשת לפתע, משנה את תחושת המקום. המגדל ניבט כאזכור לאדריכלות הגותית הבריטית, החצר היא כאזכור לאולם התווך (nave) של כנסייה והאכסדראות כאזכור לסיטראות (מעברים) הצדדיות המלוות אותה. הבניין מורכב משפות אדריכליות שונות זו מזו ושזורות זו בזו ברוחב לב במציאות רבת פנים.

פיאצה דל קמפו

פיאצה דל קמפו היא חלל ציבורי מוגדר ומופנם, מעין חדר גדול בלי גג המשמש כחדר המגורים של סיינה. בימי הביניים הוא שירת אוכלוסייה שמנתה 12,500 איש, אך מאז הפך למקום של שותפות וטקסיות מתמשכת. החדר הוא כיכר משופעת וא־פורמלית היורדת לעבר דופן פורמלית יותר שבתוכה ארמון ומגדל. האחידות של החומר המבני העוטף את הכיכר, קווי הגובה המשותפים לאורך החלונות והגגות, כולם כאחד חוברים למשפחה אחת מגוונת. הגיאומטריה הרדיאלית ברצפת הכיכר קושרת את המבנים עם המדרכה המלווה אותם ומאפשרת לסדר ולחופש לדור בכפיפה אחת.

האקרופוליס

האקרופוליס הוא אתר גבוה החולש על אתונה העתיקה שנבנה בין השנים 447־406 לפני הספירה על ידי איקטינוס וקליקרטס. סדרה של מקדשים מונחים על הגבעה, וכאילו באקראי, כל אחד לעצמו. אך הפרספקטיבות המשתנות בין אובייקט אחד למשנהו, למן הפרופילאה ועד לפרתנון, יוצרות סדר ויזואלי מופלא. זה מקום של זמן עומד ושל התרוממות הרוח.

אלבר אלטו

האדריכלות הלבנה של אלבר אלטו מפינלנד מהווה עבורי מעין המשך לאדריכלות המודרנית המאופקת שהתפתחה בארץ בשנות השלושים. אלבר אלטו משחרר את העומס המבני על ידי עמודים הפורצים מתוך הקירות ויוצרים קצב המהדהד לאורך המבנה, המלווה את תנועת הקהל בהשראת האור הטבעי.

הנשים בכחול, אנרי מאטיס

"הנשים בכחול" הן סדרה מופלאה של קולז'ים שצוירו בידי אנרי מאטיס באחרית ימיו. מה שבולט לעין בכל הקולז'ים הללו הוא החופש הצורני והצבעוני שבא לביטוי במיוחד ב"נשים בכחול" כשהמרווח בין הצורות "מתחרה" עם הצורות עצמן. מרווח זה יוצר את היחס בין התנוחה והתנועה, בין המלא והריק, ובהדרגה משנה את מצב הרוח משמחה לעצב. גם באדריכלות המרווח בין הצורות הוא האובייקט המעניק לה את מצב הרוח.

להוריד את הקוף מהגב

מדוע עוררה תורת האבולוציה מחלוקת חריפה כל כך בקרב אנשי דת? מדוע היה קל יותר למוסלמים לקבל אותה מאשר לנוצרים? והאם ייתכן שבקלות הזו נעוצה, באופן אבסורדי, הסיבה לכישלונותיו המדעיים של העולם המוסלמי?

ד"ר אוריה שביט

יוני 1633. עייף ותשוש, מבועת מהאיום שיעונה בידי האינקוויזיציה, כרע גליליאו גליליי על ברכיו, התנער מתורת קופרניקוס וקילל אותה. אז קם על רגליו, לא אמר בהתרסה "ואף על פי כן נוע תנוע", ופרש לחיי הבידוד שכפו עליו משפיליו. בכל זאת, בשנות זקנתו ידע נושא הצלב הנאמן של התפיסה ההליוצנטרית שדינן של העובדות שאימתו תצפיותיו להתקבל. מרחב השפעתה המצטמצם של הכנסייה הקתולית באירופה ושגשוגם של בתי הדפוס הבטיחו את ניצחונו.

רק בתחילת המאה ה־19 השלים הוותיקן עם תנועת כדור הארץ. רבים בינינו, המעווים כיום את פניהם בבוז לגלגני לעומת התעקשות זו – וכי מה ברור כשמש יותר ממרכזיותה של השמש? – יתקשו, גם אם חייהם יהיו תלויים בכך, להוכיח שכדור הארץ הוא שמסתובב סביב החמה. צדקת גליליאו נתפסת כמובנת מאליה מאותה סיבה שרוב הנוצרים המאמינים במאה ה־16 קיבלו את תנועת השמש סביב כדור הארץ כמובנת מאליה – דמויות סמכותיות מסבירות שזו האמת. הכנסייה תבעה מגלילאו לדבוק בתפיסה הגיאוצנטרית משום שחששה מסתירה בין חידושי קופרניקוס לפסוקים אחדים, בעיקר "שמש בגבעון דום", בגלל מאבקים דיפלומטיים סבוכים שהגאון המדעי נקלע אליהם שלא בטובתו, ובגלל להיטותו של אפיפיור חדש, ידיד ותיק של גליליאו, להוכיח שאינו פשרן בענייני דוגמה. בעידן שבו עצם מהימנותם של טלסקופים היתה שנויה במחלוקת, הקופרניקאיות נתפסה כהיפותזה, והממסד הכנסייתי לא ראה צורך לתקן את השקפותיו.

גלילאו לא היה מורד, באל או במלכות, בשום שלב של חייו. ב־1615, כשהחל לעשות נפשות לתורת קופרניקוס, הציע הסבר שיטתי מדוע הכנסייה אינה צריכה להיבהל מתגליות הנדמות כסותרות את הדוקטרינה. הוא הבחין בין שתי שפות – שפת הביבליה ושפת המדע. ספרו של האל, כתב, אכן לעולם אינו טועה, אך לעתים משמעות הדברים הכתובים אינה כפשוטם. גלילאו הסביר שחוקי הטבע, שאינם עיקר הביבליה, תוארו בו בלשון בני אדם כדי למנוע בלבול וספקנות. את הטבע יש להבין באמצעות החושים. אם מסקנה כלשהי באשר לחוקיו מוכחת כעובדה, יש לפרש

איור: ניב שמעוני

את הטקסט הקדוש כך שיתאם לה. גלילאו לא השיב על השאלה המכרעת, בידי מי צריכה להימסר הסמכות לקבוע אם מסקנה כלשהי באשר לטבע היא עובדה שאין להתכחש לה: אנשי המדע או הממסד הדתי. אף ששילם מס שפתיים לאפיפיור כסמכות העליונה, הוא הקפיד גם לציין שאף ברוא־אל לא יכול להפוך אמת לשקר ושקר לאמת. אילו אימצה הכנסייה הקתולית את שיטתו הפרשנית בראשית המאה ה־17, היתה עלולה לאבד מכוח הכפייה שלה. אבל בראייה שבדיעבד, קבלה שכזו היתה משככת, לפחות במשהו, את הדחף של הנאורות להתנער מכבלי הכוהנים.

אביב 1925. קבוצה של צעירים חובבי אקטואליה ישבה בצרכנייה בעיירה דייטון, טנסי. הם דנו בהצעת חוק שהעבירו חברי הקונגרס והסנאט המקומיים ולפיה חל איסור על מורים באוניברסיטאות ובבתי הספר של טנסי ללמד כחלופה לסיפור בריאת האדם תיאוריה שלפיה מוצא האדם בחיות נחותות ממנו. כמו האפיפיור שלוש מאות שנה קודם לכן, ביקשו המחוקקים השמרנים לכפות דוגמות דתיות על מדענים.

בין הצעירים הנסערים היו ג'ון סקופס, מורה לביולוגיה ולהתעמלות, וג'ורג' רפלייה, מנהל בחברת מחצבים. השניים רקחו מזימה. סקופס התחייב ללמד למחרת את תורת האבולוציה בכיתה. רפלייה התחייב להגיש נגדו תלונה שתוביל להעמדתו לדין. מה שנחשב בעיניהם לפרובוקציה קטנה היה לאחד האירועים המכוננים בהיסטוריה של המאבק בין מדע לדת. סקופס הועמד לדין, וההליכים המשפטיים – "משפט הקופים" – הפכו לקרקס עתיר יצרים, שהציב על ספסל הנאשמים את האמונה כאילו יכול אדם מודרני ורציונלי לקבל את סיפורי התנ"ך כלשונם. "שמש בגבעון דום" שוב חילקה את העולם בין חסידי תצפיות למאמינים עיוורים.

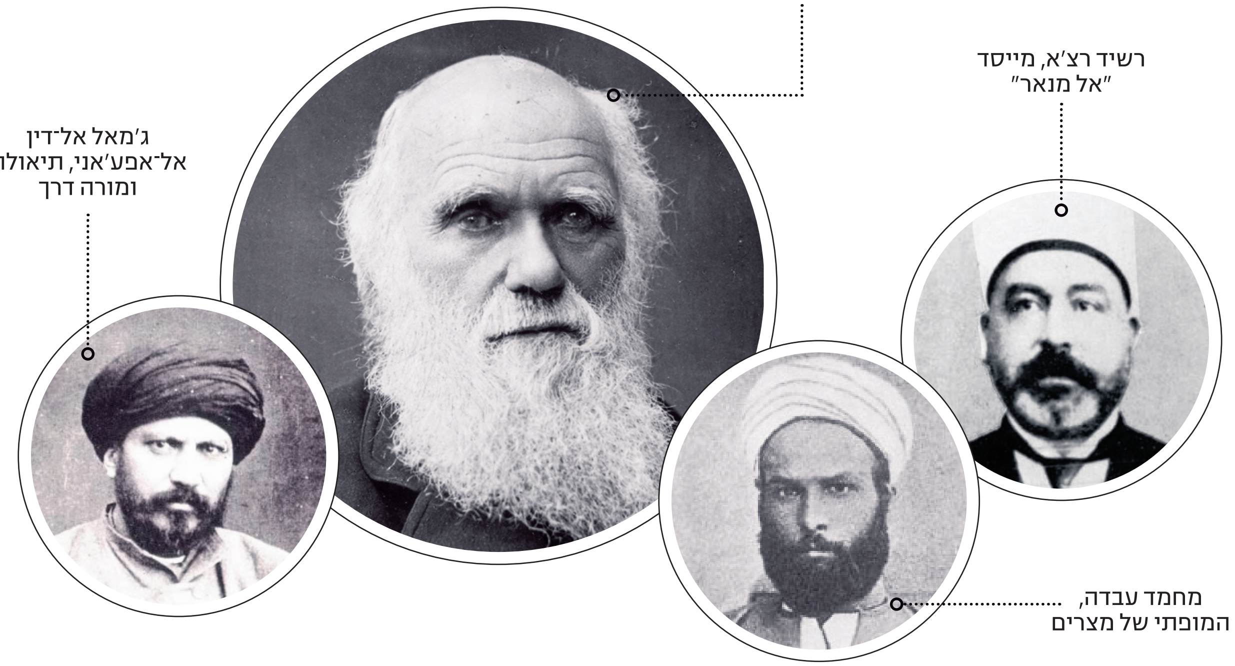
המחשבה על קשרי משפחה עם קופים לא נעמה למי שראו עצמם כנזר הבריאה. אבל בניגוד למקובל לחשוב, לא זו הבשורה שהפכה את תורת האבולוציה לסמרטוט אדום. המהלומה שהנחית דרווין היא האקראיות, הרעיון המאיים שהיקום אינו פרי תכנון של בורא עליון, אלא נוצר כך מעצמו. בעולם אקראי מתפוגגות ההבטחות למשמעות ולתכלית, למציאות שמעבר ולחיי הנצח, ועמן מתפוגג כוח המשיכה של הכנסייה. מנקודת מבטם של נוצרים שהתנגדו לאבולוציה היה זה משחק סכום אפס: או שדרווין יובס, או שאלוהים יובס.

אתגר האבולוציה נקשר באתגר נוסף, קודם לו ומאיים לא פחות, ביקורת הביבליה הגבוהה שערערה במאה ה־19 את מעמדו של הטקסט הקאנוני ככזה שנכתב בהשראת האל וכל מילה בו היא אמת איתנה, חסינה מטעות. זרמים משמעותיים בנצרות, שזוהו לימים כ"נצרות הליברלית" על פלגיה, התמודדו לאורך המאה עם שני האתגרים בדרכים יצירתיות. הם יצרו תבניות רעיוניות, מהן מעורפלות ומהן בהירות ואמיצות, שנועדו לאפשר נצרות בלא קאנון ואמונה המשלימה עם דרווין. החלק השני של המשוואה היה הקל לפיתוח בין השניים. האל הכול־יכול הרי מסוגל לברוא עולם שיתפתח אבולוציונית. באופן אירוני, דווקא המהפכה המדעית־טכנולוגית של המאה ה־19 חיזקה את אמונתם של נוצרים אחרים שרק הגנה על הליטרליות של סיפורי המקרא תאפשר לדת לשרוד מול הגלים המאיימים של המטריאליזם ושל הספקנות. בעולם של עובדות והדגמות, הם סברו, אלגוריות לא יתקבלו כאמינות. אם ספר בראשית מדבר על עפר מן האדמה, הרי שהכרחי להתעקש על כך שזהו תיאור מהימן ומדויק של בריאת האדם.

את שמה חייבת התנועה הפונדמנטליסטית לסדרת כרכים של אסופות מאמרים נגד ביקורת המקרא הגבוהה, הדרוויניזם והמטריאליזם, שזכו החל ב־1910 לתפוצה אדירה בארצות הברית בתמיכתם הכספית הנדיבה של האחים ליימן ומילטון סטיוארט. "פונדמנטליסט" הוא מי שנאמן ליסודות הדת. שורה של גורמים שהתלכדו לאחר המלחמה הפכו את הפונדמנטליזם לתנועה המונית והקנו תנופה למאבק בדרוויניזם: האיבה לגרמניה, הורתה של ביקורת המקרא הגבוהה; החשש מפני הקומוניזם המטריאליסטי המתפשט; הטינה ל"אליטות המתנשאות" מן החוף המזרחי שניסו לכפות את השקפת עולמן על קהילות כפריות דרומיות; והשכנוע העמוק שטובה אמונה ללא השכלה מאשר השכלה ללא אמונה.

סקופס הורשע, וזוכה בערכאת ערעור מטעמים טכניים. "משפט הקופים" לא היה הניסיון האחרון להוציא את האבולוציה מספרי

חשיבותו העיקרית של המאבק הכושל של מתנגדי דרווין בכך ששכנע אליטה אקדמית ומשפטית שעליה לעמוד על המשמר מפני ערבוב בין אמונה למדע. התוצאה האירונית של כשלון הפונדמנטליסטים היא בתי ספר חופשיים מכבלים דתיים



על שתי שאלות גורליות נמנעו המודרניסטים־אפולוגטים המוסלמים מלהשיב: מה הופך עובדה מדעית לכזו ש"הוכחה מעל לכל ספק"? ומי המוסמך לקבוע שעובדה "הוכחה מעל לכל ספק" – המדען או התיאולוג?

הלימוד. אבל הפונדמנטליזם ספג מפלה אחר מפלה. ב־1968 פסק בית המשפט העליון האמריקאי שמדינות פדרליות אינן מורשות לאסור לימודי אבולוציה. בתגובה פיתחו הפונדמנטליסטים כמשקל נגד תורות "בריאתניות". הגיונם היה שאם לא ניתן להביס את דרווין בכיתות הלימוד בכלים דתיים, יש לנסות להביסו בכלים מדעיים. ב־1987 אסר בית המשפט העליון להתנות הוראת־מדע בהוראתו במקביל של פסאודו־מדע, וסגר גם את הדלת הזו. בראייה היסטורית, חשיבותו העיקרית של המאבק הכושל של מתנגדי דרווין בכך ששכנע אליטה אקדמית ומשפטית שעליה לעמוד על המשמר מפני ערבוב כלשהו, ולו סמלי, בין אמונה למדע. התוצאה האירונית של כשלון הפונדמנטליסטים היא בתי ספר וקמפוסים חופשיים ומשוחררים יותר מכבלים דתיים מכפי שהיו אלמלא היו הפונדמנטליסטים עיקשים כל כך.

כפי שנכתב בקוראן

כאשר נדרשו בשלהי המאה ה־19 תיאולוגים מוסלמים להסביר את עליונותו המדעית והטכנולוגית של המערב, שהפכה מוחלטת באופן מאיים וקיומי, היה עליהם להתעמת עם שתי עובדות בלתי נוחות. ראשית, רבים מגילוייה של המהפכה המדעית על מבנה היקום ומקומו של האדם בו זעזעו מוסכמות יסוד של המחשבה המוסלמית ונדמו כסותרים את הקוראן ממש כפי שזעזעו שנים קודם לכן מוסכמות יסוד של המחשבה הנוצרית. שנית, גילויים אלה, ופירותיהם הטכנולוגיים, הושגו בחברות שמרדו במונופול הכנסייתי על האמת. בעולם הנוצרי התבססו השקפות מטריאליסטיות, דאיסטיות ואתיאיסטיות – מושגים שהיו זרים לחלוטין לחברות מוסלמיות, שבהן האמונה באל, בנביאו ובספרו היתה בלתי מעורערת, מרכז ההוויה הפוליטית והחברתית. התחייבו אפוא תשובות לשתי שאלות: האם יכול האסלאם לקבל חידושים מדעיים שאינם מתיישבים עם הטקסטים ההתגלותיים? והאם, לאור הניסיון הנוצרי, תיתכן בכלל התפתחות מדעית בחברה הכפופה לקאנון דתי?

את המענה המשוכלל ביותר לשאלות האלה הציגה קבוצה של הוגים ערבים־סונים, שקהיר היתה מרכז פעילותה. נמנו עמה ג'מאל אל־דין אל־אפע'אני (1838־1897), תיאולוג, עיתונאי ותועמלן פוליטי ממוצא שיעי־פרסי; תלמידו, מחמד עבדה, שהיה למופתי של מצרים (1849־1905); חוסיין אל־ג'יסר, מחנך לבנוני

שהושפע מעבדה ומאפע'אני (1909־1845), ומחמד רשיד רצ'א הלבנוני, תלמידם של אל־ג'יסר ושל עבדה (1935־1865), שייסד בקהיר ב־1898 את כתב העת "אל־מנאר". מפעל חייהם, הציר האחד שסביבו נעה פעילותם חרף מחלוקות שונות, היה לשכנע שאין כל סתירה בין האסלאם למודרנה, וכי המזור לנחשלותם המדעית והפוליטית של המוסלמים אינו נטישת האסלאם כמסגרת חיים כוללת, אלא חזרה ל"אסלאם האמיתי". הרעיונות שהציגו באשר לזיקה בין אסלאם למודרנה הפכו בהדרגה להגמוניים, והם כיום המייצגים הנאמנים ביותר של האופן שבו רוב הערבים, ובמיוחד אלה מהם הנמנים עם תנועות האסלאם הפוליטי, מבינים את היחס בין דת למדע. ואלה הם:

א. יש אלוהים, והשוללים אותו הם שוטים או גרוע מכך, כזבנים מניפולטיביים. כל המרים ראשו אל השמים או מביט סביבו ורואה את הסדר ואת הארגון המופתיים של היקום אינו יכול להתכחש לקיומו של בורא.

ב. הקוראן הוא דבר האל ואת בשורתו הביא אדם שלא ידע קרוא וכתוב – הנביא מוחמד. גאוניותו הלשונית של הקוראן, היותו בלתי ניתן להפרכה או לחיקוי, הנבואות שבו שהתגשמו, אלה מעידים שמוחמד לא יכול היה לבדות אותו מליבו. אם הקוראן הוא אמת, הרי שמבשרו הוא נביא אמת, ויש לקבל את דבריו.

ג. האסלאם, בניגוד לנצרות, הוא ידיד המדע וידיד החירות. המוסלמי מצווה להגיע אל האמונה בדרך של לימוד ומחקר. אין זה מקרה שתקופה ארוכה היו המוסלמים בחזית הקדמה המדעית. את הרנסנס חייבים הנוצרים למפגש שלהם עם האסלאם באנדלוסיה ובמסעי הצלב. מן המוסלמים הם למדו את חשיבותו של המחקר האמפירי ואת הזכות האנושית הבסיסית לחירות. הניסיון המוסלמי מוכיח שאין סתירה בין אלה לבין אמונה; היפוכו של דבר, האמונה היא שורש המחקר והחירות. הנוצרים, למודי סבל מעריצות הכנסייה, השתכנעו שהדרך היחידה לקדם את המדע ואת החופש היא להתנער מכל זיקה לדת ולאמונה. החיץ שנוצר בין מדע לאמונה הוא תופעה ייחודית לחברות הנוצריות, שאין לה קשר לאסלאם.

ד. צרתם של המוסלמים בעת החדשה אינה שהם מאמינים, אלא שהם מאמינים בגרסה לא נכונה של האסלאם. דורות של שליטים תאבי כוח התנערו מהחובה הדתית לחקור ומהציוויים האסלאמיים נגד עריצות, משום שפחדו שהשכלת הציבור תערער את סמכותם.

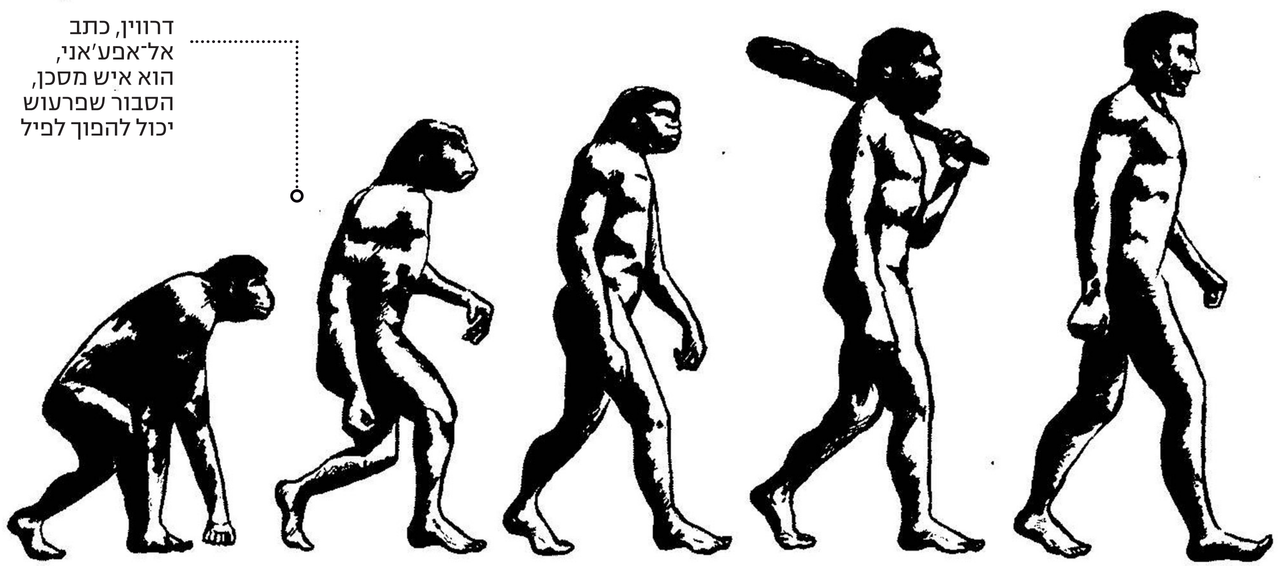
ה. קיימים שני ספרים: הקוראן וספר הטבע. הקוראן לא נועד ללמד את חוקי הטבע. בכל זאת, עובדות מדעיות והמצאות טכנולוגיות רבות שהתבררו רק מאות שנים לאחר התגלות הקוראן מרומזות בו, ומאששות את אמיתותו. קריאה מושכלת בקוראן תמצא, בין השאר, את עובדת היבקעות הירח מכדור הארץ, את היווצרות העולם האורגני מן הדומם, את האפשרות לצלם תמונות ולהשיט ספינות באמצעות קיטור, את היותה של הארץ כדור – ואת האמת שקשה היה כל כך לכנסייה הנוצרית לקבל, שהשמש אינה סובבת סביב כדור הארץ.

ו. משום שספר הקוראן, כמו ספר הטבע, הוא ספרו של האלוהים, שניהם מושלמים, ולא תיתכן סתירה בין עובדה מדעית לבין הטקסט הקדוש. במקרה שנדמה כי התגלעה סתירה כזו, יש לפרש את הטקסט באופן אלגורי (תאויל, בערבית) כך שהבנת הקוראן תתאם לאמת המדעית. פרשנות כזו אינה עניין של מה בכך. יש לעשותה רק במקרה שבו עובדה כלשהי התבררה מעל לכל ספק. אך אין כל אפשרות שלא ניתן יהיה לפרש סתירה־לכאורה באמצעות אלגוריה.

נקודה אחרונה זו היא המכרעת במשנה המודרניסטית־אפולוגטית. עולה ממנה ששום גילוי מדעי – מרעיש ככל שיהיה – אינו מסכן את מעמדו של הקוראן כספר שלם ומושלם. זוהי עמדה מעגלית: הקוראן הוא האמת משום שדבר לא סותר אותו; דבר לא סותר אותו משום שהוא האמת. הדמיון לשיטה הפרשנית שהציע גליליאו ברור, אבל לא הוא היה מקור השראתם של המודרניסטים־אפולוגטים. שורשיה של הגישה המגשרת בין חוקי הטבע לספר ההתגלות ניטעו אלף שנה קודם לכן בלב האורתודוקסיה האסלאמית, ומשום כך, בין השאר, הצגתה מחדש במאה ה־19 לא עוררה מחלוקות עמוקות.

עורמתה וכוח המשיכה של המשנה המודרניסטית־אפולוגטית

למוסלמים שנרעדו מההכרח לבחור בין מודרנה למסורת, בין קדמה לאמונה, מציע המודרניזם האפולוגטי בשורה מרגיעה: המודרנה היא המסורת, האמונה היא הקדמה, העבר הוא העתיד. באסלאם, בניגוד לנצרות, הולכים השניים יחדיו



דרווין, כתב אל־אפע'אני, הוא איש מסכן, הסבור שפרעוש יכול להפוך לפיל

בשלושים השנה האחרונות נמצאה תורת האבולוציה תחת מתקפה חריפה של בכירי המודרניסטים־אפולוגטים בני זמננו. את דרווין הם תיארו כזייפן וככזבן, וקבעו שהאבולוציה היא ביטוי להפרעה מערבית שנגרמה כתוצאה מעריצות הכנסייה

בסינתזות המפייסות שבה. היא אינה מכפיפה ראש בפני המערב – עולה ממנה שהמערב חייב את כל הישגיו לאסלאם. אך היא אינה מתנערת מהמערב – עולה ממנה שעל המוסלמים לאמץ את הישגיו המדעיים והפוליטיים. היא פונדמנטליסטית במובן מסוים – התביעה לחזרה לקריאה "נכונה" של הטקסט הקדוש. אך היא משחררת במובן אחר – הקריאה "הנכונה" אינה קריאה ליטרלית, אלא פרשנית ויצירתית. על שתי שאלות גורליות נמנעו המודרניסטים־אפולוגטים, ולא במקרה, מלהשיב: מה הופך עובדה מדעית לכזו ש"הוכחה מעל לכל ספק"? ומי המוסמך לקבוע שעובדה "הוכחה מעל לכל ספק" – המדען, או התיאולוג?

למוסלמים שנרעדו מההכרח לבחור בין מודרנה לבין מסורת, בין קדמה לבין אמונה, הציעה ועודנה מציעה התפיסה הזו בשורה מרגיעה: המודרנה היא המסורת, האמונה היא הקדמה, העבר הוא העתיד. באסלאם, בניגוד לנצרות, הולכים השניים יחדיו. אין להתפלא, שבין האוהדים הנלהבים ביותר של המודרניזם־האפולוגטי, גם כיום, מוסלמים מרקע מסורתי המצטיינים במקצועות כמו רפואה והנדסה.

למי קראת קוף

מהמר שחוקיו הם "עץ – אני מרוויח, פלי – אתה מפסיד" תמיד ייצא כשידו על העליונה. תורת האבולוציה, שזעזעה את אמות הסיפים של הנצרות המערבית, לא נתפסה אצל המודרניסטים־אפולוגטים כאיום קיומי. השאלה הקריטית מבחינתם לא היתה איזה חידוש מרעיש הביא מדען נוצרי בעניין התפתחות המין האנושי, אלא אם החידוש הזה הוכח באופן המחייב התאמה של הבנת הקוראן.

ג'מאל אל־דין אל־אפע'אני היה משוכנע שלא כך הדבר. ב־1881 פרסם ספרון חריף כמענה להתפשטותן של תפיסות מטריאליסטיות בהודו הבריטית – "שלילת המטריאליזם" שמו – שאותו תרגם מוחמד עבדה לערבית. דרווין, כתב אל־אפע'אני ביוהרה, הוא איש מסכן, הסבור שפרעוש יכול להפוך לפיל ופיל יכול להפוך לפרעוש. ישנן, הוסיף בלעג, שורה של שאלות שאילו נשאל דרווין היה נאלץ להצטנף במבוכה כקיפוד ולהודות בקוצר ידו: מדוע העצים בהודו שונים בגודלם, בריחם ובגילם אף שהתפת־

חו על אותה אדמה, ענפיהם ניצבים מול אותה רוח ושורשיהם ינקו מאותם מים? כיצד זה שהדגים בימת אורל ובים הכספי, הניזונים מאותו מזון ושוחים באותם מים, שונים בצורתם, בצבעיהם ובכוחם הפיזי? איך ייתכן שהיהודים והערבים מלים את בניהם זה מאות שנים, את כל בניהם, ובכל זאת הבנים עדיין לא נולדים נימולים?

אלא שלא היתה זו המילה האחרונה של המודרניזם־האפולוגטי על דרווין. במרחב דובר הערבית הפיצה את רעיונותיו קבוצה של עיתונאים נוצרים, בוגרי "המכללה הסורית הפרוטסטנטית של ביירות" (כיום האוניברסיטה האמריקאית של ביירות), שהאמינו כי המדע הוא המפתח לקדמה. כאשר מת דרווין באפריל 1882, תיארו אותו פאריס נימר ויעקב צרוף, עורכי כתב העת "אל־מקתטף" ובוגרי המכללה, כ"ניוטון של דורנו". באוגוסט אותה שנה העז מרצה אמריקאי לגיאולוגיה ולכימיה במכללה, אדווין לואיס, לדבר בטקס הסיום בשבחי תורת האבולוציה. נימר וצרוף הוסיפו אש למדורה כשפרסמו את נאומו בעיתונם. מהומה אדירה, שכונתה לימים "פרשת לואיס" ושוודאי תזכה בעתיד לסרט ההוליוודי שהיא ראויה לו, פרצה בקמפוס הצנוע. המפגש בין פוליטיקה אקדמית עכורה ודוגמטיות של פונדמנטליסטים אמריקאים הצית מרי סטודנטים כושל, ועודד כמה מהמבריקים שבין הבוגרים, בהם נימר וצרוף, לעבור לקהיר ולהמשיך בפעילותם העיתונאית־מדעית משם. כך יצא שבין השפעותיו המרובות של דרווין היתה גם שינויה ללא הכר של העיתונות המצרית.

משום שמתווכיה הנוצרים־ערבים של תורת האבולוציה עשו מלאכתם נאמנה, לא יכלו המודרניסטים־אפולוגטים הערבים לפטור אותה כדברי הבל. כאשר פרסם אל־ג׳יסר ב־1887 את ספרו "אל־רסאלה אל־חמידיה" – מתקפה על המטריאליזם והגנה על האל, הנביא והקוראן – הוא הדגיש שדרווין אינו סכנה. אין משמעות לשאלה אם האל יצר את ברואיו בדרך של בריאה ישירה או בדרך אבולוציונית, כתב, שכן האל מסוגל גם לכך וגם לכך. שתי הגישות, כל זמן שהן מקבלות כמוסכמה את קיומו של אל בורא, אינן סותרות את האמונה המוסלמית. יש פסוקים בקוראן התואמים את תורת האבולוציה. לדוגמה, פסוק 30 בסורת הנביאים קובע: "ויצרנו כל חי מן המים". מפסוקים אחרים עולה שהאדם נברא בבריאה ישירה – לדוגמה, פסוק 49 בסורת הזורות: "מכל דבר בראנו צמד מינים". האבולוציה, סיכם אל־ג׳יסר, עודנה בחזקת היפותזה. אם תוכח בעתיד מעבר לכל ספק – יהיה מקום לפרש את הפסוקים הסותרים אותה באופן אלגורי. משמעות הדבר, שחסידי דרווין יכולים להתאסלם ללא חשש ואילו המוסלמים יכולים ללמוד על תורתו בלי לדאוג לאמונתם.

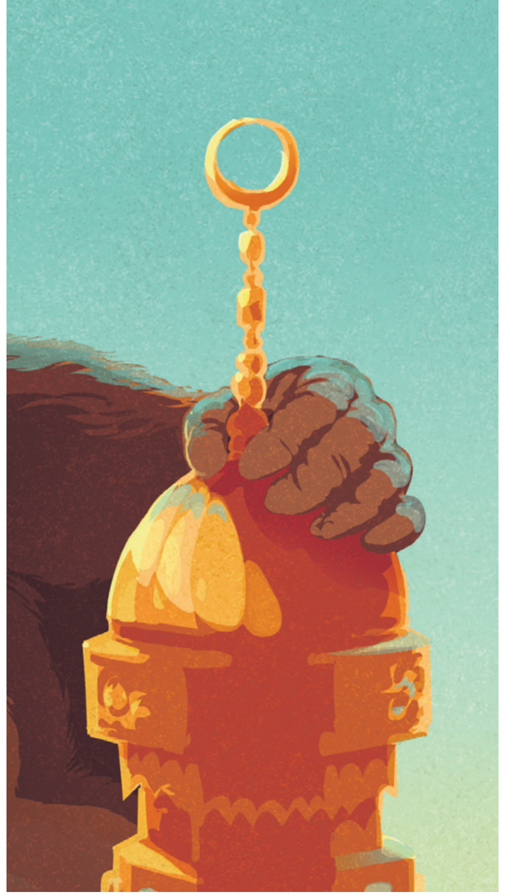
רשיד ריצ׳א המשיך את דרכו של מורו. "אל־מנאר" שימש במשך שלושה עשורים במה להגנה על הלגיטימיות הדתית הפוטנציאלית של תורת האבולוציה, אף כי גם הוא לא קיבל אותה ככזו שהוכחה מעל לכל ספק. כמו אל־ג׳יסר הצביע ריצ׳א על פסוקי קוראן המתיישבים עם רעיונותיו של דארווין. במאמר המקיף ביותר שפרסם בנושא, ב־1930, ציין, לדוגמה, את סורת נוח, פסוק 14, שם נאמר: "הן הוא ברא אתכם שלב אחר שלב". היש הוכחה טובה מזו לכך שהקוראן תמיד יתיישב עם המדע? ריצ׳א קבע, כי תורת האבולוציה שנויה במחלוקת וכי הוצגו נימוקים כבדי משקל נגדה. אולם, לדידו, אם תוכח האבולוציה בעתיד מעל לכל ספק תהיה זו ההוכחה הניצחת לאמיתותו של הקוראן ולעליונותו על התנ"ך, כיוון שהקוראן, בניגוד לתנ"ך, אינו סותר אותה.

בלי פוקימונים בבקשה

התפיסה המודרניסטית־אפולוגטית חסכה מנאמניה הערבים משבר זהות דוגמת זה שאירע בחברות נוצריות. היא יצרה, בשם טיעונים פונדמנטליסטיים, פרשנות יצירתית שהיא היפוכה של הדוגמטיות הליטרלית של הפונדמנטליזם האמריקאי. אולם האם הדבר היטיב עם המחקר המדעי בעולם הערבי?

נחזור אל הלקונה שכבר הוזכרה: המודרניזם־האפולוגטי הדגיש כי הקוראן מתיישב בהכרח עם כל עובדה מדעית, אבל לא קבע מי אמור להכריע מהי "עובדה מדעית". בכך הוא הותיר באופן פוטנציאלי בידי חכמי דת את הזכות להחליט, על יסוד שיקולים הזרים למדע, מהו מדע לגיטימי ומהו מדע שאינו לגיטימי.

בשלושים השנה האחרונות נמצאה תורת האבולוציה תחת מתקפה חריפה של בכירי המודרניסטים־אפולוגטים בני זמננו, המצרים יוסף אל־קרצ׳אוי (נולד ב־1926), מחמד אל־ע׳זאלי (1917־1996) ומוחמד עימארה (נולד ב־1931). שלושה אלה, הממשיכים הבולטים של המשנה שפיתחו אל־אפע׳אני, עבדה, אל־ג׳יסר וריצ׳א, מדגישים בחיבוריהם את הצורך לקדם מחקר מדעי, פיתוח טכנולוגי וחירות פוליטית כערכים אסלאמיים. אך את דרווין הם תיארו כזייפן וככזבן. הם טענו שמדענים במערב הוכיח זה מכבר את המופרכות של תפיסותיו, וקבעו שהאבולוציה היא ביטוי להפרעה מערבית שנגרמה כתוצאה מעריצות הכנסייה. אל־קרצ׳אוי הרחיק לכת ואסר על צפייה בפוקימונים, בטענה שהיצורים המצוירים הם תעמולה בזכות האבולוציה (לצד היותם תעמולה ציונית). אף אחד מהמודרניסטים־אפולוגטים בני זמננו לא שלל את העיקרון האלגורי שביססו מוריהם מאה שנים קודם לכן, כלומר את התפיסה שלפיה ניתן באופן עקרוני ליישב בין הקוראן לבין כל אמת מדעית, ובכלל זה תורת האבולוציה. אבל הם קבעו כי בלתי מתקבל על הדעת שאי פעם יוכח כי למין האנושי יש קשר משפחתי לקופים.



התפיסה כאילו מדע המושתת על מקור סמכות דתי, יצירתי וגמיש ככל שיהיה, יכול להיות חופשי – היא אשליה. שיטה המסמיכה אנשי דת לקבוע שדרווין לגיטימי מסמיכה אותם גם לקבוע שאינו לגיטימי, כפי שקורה בתקופתנו

מתוך המחלוקות בעולם הנוצרי הובסה התביעה למונופול של כוהני דת על האמת והתפתחו חברות המפרידות בין מדע לדת ומאפשרות חופש מחקר מלא. בעולם הערבי התפתח פונדמנטליזם מסוג שונה לגמרי

באופן דומה נדחו בכתבים המודרניסטיים־אפולוגטיים בני זמננו גם תיאוריית המפץ הגדול והפסיכואנליזה כהבלים מערביים.

מה ששכנע את המודרניסטים־אפולוגטים בני תקופתנו לדחות את דרווין בנחרצות שהיתה זרה למוריהם אל־ג׳יסר וריצ׳א הוא ספרות הבריאתנות האמריקאית, שחלחלה לעולם הערבי משנות השמונים והולידה מבול של פרסומים פסיאודו־מדעיים בערבית בגנות האבולוציה. אל־קרצ׳אוי, אל־ע׳זאלי ועימארה קיבלו ללא בחינה מעמיקה את הקביעה שהאבולוציה הופרכה משום שקביעה זו התיישבה עם תפיסתם האינטואיטיבית על מהלכיו של האל בעולם, ופטרה אותם מההתפתלויות הפרשניות שמחייבת הקביעה האחרת.

כאן מתבררת מלוא משמעותה של הלקונה בשאלת הסמכות לקבוע מהי "אמת מדעית". התפיסה כאילו מדע המושתת על מקור סמכות דתי, יצירתי וגמיש ככל שיהיה, יכול להיות חופשי – היא אשליה. שיטה המסמיכה אנשי דת לקבוע שדרווין לגיטימי (כפי שאירע בתחילת המאה שעברה) מסמיכה אותם גם לקבוע שאינו לגיטימי – כפי שקורה בתקופתנו. אילו היה הדבר בידיהם של מי שנחשבים לבכירי הזרם הפרגמטי והאוהד למדע באסלאם הערבי־סוני בן זמננו, דרווין לא היה נלמד, או שהיה נלמד מתוך הסתייגות גדולה ובוז.

הדבר אינו בידיהם. אך גם כך, משקלם מכביד על חירות המחשבה. חסידיהם של המודרניסטים־אפולוגטים – מי יודע כמה מהם יכלו להיות מדענים דגולים – צומחים בתרבות מדעית מסרסת, התובעת לאמץ פרדיגמות מסוימות באשר ליקום ולאדם ללא בחינה ביקורתית, ולהכפיף את העיון ב"ספר הטבע" למושכלות יסוד תיאולוגיות שבינן לבין מדע אין דבר. מתנגדיה של הגישה המודרניסטית־אפולוגטית, הליברלים האמיתיים, יודעים ששלטון של "האחים המוסלמים" יכפיף בהדרגה את מערכת ההשכלה הגבוהה לגחמותיהם של אנשי דת. בשעת מבחן הם מעדיפים רודנים צבאיים משום חששם מפני הדיכוי המוחלט שעלולה להביא עמה דמוקרטיה.

גליליאו הכעיס את הכנסייה הקתולית. דרווין יצר קרע בעולם הנוצרי. מתוך המחלוקות הובסה התביעה למונופול של כוהני דת על האמת והתפתחו חברות המפרידות בין מדע לדת ומאפשרות חופש מחקר מלא. בעולם הערבי התפתח פונדמנטליזם מסוג שונה לגמרי. מקובל להניח ששורש נחשלותו המדעית הוא טבעו המאובן והשמרן כביכול של האסלאם. האם ייתכן שהסיבה הפוכה, ודווקא יצירתיות פרשנית וגמישות תיאולוגית, שמנעו עימות נחוץ בין מקורות סמכות, הן המכשול? קבלה של היפותזה זו תהיה שקולה למהפכה קופרניקאית של ממש.

פסוקי הקוראן בתרגום אורי רובין (מפה וההוצאה לאור של אוניברסיטת תל־אביב, 2005).

כתופעה אוניברסלית, צבאות זקוקים לאיום, אמיתי או מדומה.
בתמונה: גנרל ג'ק ד' ריפר (סטרלינג היידן) מתוך הסרט ד"ר סטריינג'לאב

בין איום לחוסן

לכאורה, איום קיומי מהווה גורם מלכד עם, אך נוכח העובדה שמקור האיום יכול להתברר כמניפולציה שלטונית, התפוררות החוסן ואיבוד השליטה הם אפשרויות סבירות. מחשבות על "תרבות האיום" ועל הפרדוקס שהיא מייצרת

ד"ר דב תמרי

המושג "איום" במובנו ובהקשרו הביטחוני והצבאי הוא חלק משגרת חייו של הישראלי מיום שעמד על דעתו. אין יום שאיום כלשהו אינו נופל עליו באמצעות התקשורת ומטעם כל המשתמש בה. אמת, מדינת ישראל, מרגע היוולדה, מאוימת על ידי מדינות שכנות וגם על ידי מדינות רחוקות יותר. אך עם זאת, סקירה חטופה של איומים שהישראלים, הממסד השלטוני, הביטחוני, הפרט והחברה, שומעים וחווים מלמדת שרובם לא התממשו וגם לא צמחו לכלל סיכון. אמנם אין לזלזל באיומים וכמובן צריכים להיות ערים להם, אך במאמר זה ברצוני להתבונן ב"צד האחורי של האיום" ובשימוש בו.

זיהוי האיום והצורך להתכונן מולו מהווים בעיה קשה. רוב האיומים הם פרשנות של הישויות הרלוונטיות, המדינית והצבאית. הפרשנויות הן סובייקטיביות, לא מוחלטות, שכן הן משערות את העתיד בתנאי אי ודאות

כתופעה אוניברסלית, צבאות זקוקים לאיום, אמיתי או מדומה, כדי לצקת היגיון לקיומם, לחשיבתם, לבניינם ולהפעלתם. ללא איום אין לצבא היגיון מכונן. לדוגמה, כאשר התפרקה ברית המועצות התפוגג גם האיום הסובייטי, ולשירותים המזוינים האמריקאיים – שאיום זה שימש שנים רבות אתגר ולקראתו נבנו יכולות צבאיות – נוצרה בעיה. מיד החליפו הללו את ברית המועצות בסין העממית כאויב, מבלי לשים לב כי סין כבר החלה בתהליך כלכלי עמוק שהביא אותה למרחב של יציבות גלובלית. מזלם של השירותים הצבאיים האמריקאיים שרודן כסדאם חוסיין הסדיר בעבורם את סוגיית האיום בשתי מלחמות במפרץ הפרסי.

הופעת טרור נוסח אל קאעידה לימדה כי האיום המסורתי בין מעצמות ומדינות נע לכיוון ולמגמות של מלחמות א־סימטריות בין מדינות לבין ישויות לא מדינתיות. מלחמות אלה מוגבלות בהיקפן לעומת קודמותיהן. בימינו אלה מתהוות מלחמות שמקורן בשינויים החלים במדינת הלאום המסורתית ובשכיחותם הגוברת של משטרים בעלי צביון כפול או משולש. פועל יוצא משינוי טיב המלחמות והרכב הישויות הלוחמות בהן הוא שינוי במושגים המקובלים כמו "הכרעה", "כניעה", "הכתבת סדר חדש" ודומיהם.

לכאורה, בישראל העניין פשוט יותר. מלחמת העצמאות הסדירה והטמיעה את מושג האיום לתוך התודעה הישראלית, שכן האיום מהמדינות השכנות היה ממשי. השאלה היא האם לתחושת האיום הישראלית הסובייקטיבית והלא רציונלית היה חלק בשיקולים שהביאו ליוזמות צבאיות.

מושגי האיום

"איום הייחוס" ו"תרחיש הייחוס" הם שני מושגים מבית היוצר של צה"ל. הבעיה המדינית והצבאית הבולטת ביותר בסוגיית האיום היא מה עושים כדי שהאיום לא יתממש, או מה לעשות כדי לעמוד בפרץ אם וכאשר האיום אכן מתהווה ומתממש. האפשרות הראשונה – מניעת האיום בטרם מומש. היגיון המניעה הביא לתפיסת המלחמה היזומה ומלחמת המנע, שני יסודות בתפיסות הביטחון הישראליות. זו כנראה אחת הסיבות, אולי העיקרית, לכך שבשבע המלחמות של ישראל בשכנותיה – ארבע נפתחו על ידי ישראל.

זיהוי האיום והצורך להתכונן מולו היוו ומהווים בעיה קשה. רוב האיומים, אם לא כולם, הם פרשנות של הישויות הרלוונטיות, המדינית והצבאית. הפרשנויות הן סובייקטיביות, לא מוחלטות, שכן הן משערות את העתיד בתנאי אי ודאות.

כאשר מצרפים את כלל האיומים הפוטנציאליים למסכת אחת, על פי רוב מתברר שאין המדינה מסוגלת להתכונן לעמידה כנגדם, שכן אין די משאבים לכך וגם לא יהיו. במציאות מתמשכת שכזו חשבו בעבר בישראל שאפשר להטיל וגם לסמוך על מוסדות המודיעין שיתריעו בעוד מועד. הניסיון לימד ששיטה זו אינה אפשרית, שכן ההתרעה, אם באה, עלולה להגיע מאוחר מדי. וגם אם כוחות הצבא (הכוונה למילואים) מגויסים בעוד מועד, עדיין אין זמן לגבש תפיסת הפעלה למלחמה החדשה, שבוודאי תהיה שונה מקודמתה.

אחרי מלחמת יום הכיפורים הסידור שנמצא לצה"ל היה המשגה (מלשון מושג) לפיה אגף המודיעין מנסח בעבור המטכ"ל את "איום הייחוס" כבסיס לתוכניות העבודה השנתיות והרב־שנתיות שלו. מדובר בהערכה סובייקטיבית, זהירה ככל האפשר, שאינה מחוסנת מהגזמות ומטעויות שמקורן בחששות העוסקים בחיבורה, שכן העתיד, כידוע, תמיד עמום, כמו גם עתידם המקצועי של מעריכיה.

כאשר אגפי המטה במטכ"ל מעריכים ומפרשים את איום הייחוס, מתברר שאין די משאבים לבנות את הכוחות הצבאיים ולהפעילם כנגד רשימת האיומים המודיעינית הארוכה. או אז מחליט המטכ"ל על תעדוף, מושג המכונה "תרחיש הייחוס". פירושו – התאמת האיומים וחומרתם לפוטנציאל ולמשאבים שבנמצא.

מאחר שהסיכוי לחזות משברים בעתיד הוא נמוך, הצבא בנה ובונה כוחות צבא בגישה גנרית. דהיינו – כוח ורסטילי המתאים למרב האיומים. במקרה הישראלי הגישה הזו היתה מענה מוצלח לאתגרים ממלחמת העצמאות ועד הופעת המלחמות והמערכות הא־סימטריות. אלה האחרונות חייבו ומחייבות כוחות אחרים, ייחודיים ומיוחדים, המותאמים לזירה, להקשר ולאויב הייחודי. התוצאה היא שינוי מתחייב בתפיסת הבניין של כוחות גנריים מצד אחד, והצבת מגבלות על הכוח הקיים ותקציבו, שמטרתן הפנייה לבניין יכולות וכוחות מול האיומים החדשים, הייחודיים, מצד שני.

בסביבת החשיבה הצבאית ניתנה תשומת לב למתח שבין דרגת סבירות האיום לבין חומרתו המשוערת. המתח אמור להיות מגושר על ידי איזון בין "סבירות" ל"חומרה", וזו אולי הבעיה המתמדת של הכרעות בעניין בניין הכוח והשימוש בו. לא חסרים מקרים של כוחות המצוידים ומחומשים כהלכה, שעלות בניינם ואחזקתם אדירה, כשהם נמצאים שנים ארוכות במחסנים בעוד סבירות השימוש בהם נמוכה.

השימוש המניפולטיבי

במציאות חיינו האיום אינו ממוקד רק בצורך החיוני לקדם פני משבר קיומי וגם לא רק כדי להעניק היגיון מכונן לבניין הכוח הצבאי. האיום הוא גם אמצעי שליטה בדעת הקהל. הממשלה, ראש ממשלה ופוליטיקאים שונים מגייסים את האיומים כדי להניע את הציבור לתמוך בהנהגתם. בהקשר זה ניתן לומר שאין כאיום כלי יעיל בידי ההנהגה להענקת דימוי "מושיע" בעיני הציבור, כדי לטעת אמון במעשיה, לגייס הסכמה ואף השתתפות במהלכים צבאיים הכוללים מלחמות יזומות וכמובן קורבנות.

שליטה בדעת הקהל באמצעות גיוס איום, אמיתי או מדומה, היא צורך מנהיגותי במדינה המצויה בסכסוך מזוין עם שכנותיה או מול ארגונים צבאיים לא מדינתיים, המכונים בדרך כלל ארגוני טרור. לעתים משמש האיום פלטפורמה למהלכים פוליטיים, ואפילו חברתיים.

דוגמאות מניפולטיביות יש למכביר: הדרך למבצע "קדש", 1956, למשל, ואחריו בשנות ההתנחלות שאחרי מלחמות ששת הימים ויום הכיפורים, כאשר ההתנחלות נומקה כצורך ביטחוני מובהק מול איום ביטחוני מתהווה. בבג"ץ אלון מורה נימקו הממשלה והצבא את הצורך בהקמת ההתנחלות הספציפית הזאת על אדמה פרטית בצורכי ביטחון. למרבה האירוניה, דווקא המתנחלים הם ששללו את הגישה הביטחונית והציגו את מעשיהם כמעשה אידיאולוגי טהור.

הניסיון הישראלי בגיוס האיום (שאין בו מקוריות, שכן מדובר בפרקטיקה קוסמופוליטית) מציג לא אחת את האיום המגויס גם לצורך קידום אישי בחיים הפוליטיים. לפני שנים אחדות הצהיר שר חדש להגנת העורף בטקס התמנותו כי לראשונה מאז הקמת המדינה ישראל מתמודדת, כך אמר, מול "איום קיומי". השר הגדיר את איראן כאיום קיומי, והוסיף כי אמנם "גופי הביטחון הפיקו לקחים לאחר מלחמת לבנון השנייה, אבל גם בצד השני, אצל אויבינו, נבנות יכולות תקיפה ופגיעה, כאלה שמייצרות איום אסטרטגי – מלבנון, מעזה ומסוריה, ואיום קיומי מאיראן, לראשונה מאז הקמת המדינה". משמעות דבריו, המעלים על נס את ראשוניות האיום הקיומי, הם שבמלחמת העצמאות, למשל, לא היה איום קיומי, גם לא במלחמות שבאו אחריה, ואילו עתה, עם התמנותו לשר, הופיע האיום הקיומי האמיתי.

שליטה בדעת הקהל באמצעות גיוס איום, אמיתי או מדומה, היא צורך מנהיגותי במדינה המצויה בסכסוך מזוין עם שכנותיה. לעתים משמש האיום פלטפורמה למהלכים פוליטיים, ואפילו חברתיים

אי אפשר לצאת עם כותרת "הכל בסדר, אין חשש ביטחוני, לא צפויה מלחמה". הפרשן הצבאי או המדיני מחויב להזהיר. במקרה הישראלי, עדיין מרחפת ההכאה על חטא השתיקה התקשורתית שלפני מלחמת יום הכיפורים

ד"ר סטריינג'לאב, כרזה 1

תעשיית ייצור האיומים והשימוש בהם ממוקמת בשלושה ממסדים: האחד – כמונופול של הממשלות והעומדים בראשן. תופעת מניפולציית האיום על ידי מנהיג לאומי מוכרת בניסיון האנושי והפוליטי. זה קורה כאשר מנהיג משעבד את עצמו לרעיון פוליטי עליון שבמרכזו איום. במקרה זה, הרווח הפוליטי נראה קל, אך בעולם מסובך שבו המציאות אינה מתמקדת ברעיון־על בודד, בניית מנהיגות על הטמעת חרדה יכולה להתגלות כמיקח טעות.

ממסד האיום השני – סוכנויות המודיעין ואגף המודיעין הצבאי בראשן. אין להטיל ספק ברצינות ובאחריות שנהגו אנשי המודיעין הממונים על ההערכות לאורך השנים, ובכל זאת, אצלנו, בעיקר אחרי מלחמת יום הכיפורים, נטו הללו לחומרה בהערכותיהם (ואפשר להבין את מצוקתם). בעניין זה, לפני כשלוש שנים הופיעו דברי ראש אמ"ן בכותרת מאירת עיניים בנוסח זה: "האזור הופך לפחות יציב, התלקחות אפשרית". האלוף הציג את הערכת המודיעין השנתית בפני המטכ"ל והזהיר כי השינויים במזרח התיכון עלולים להוביל למלחמה: "הסביבה האסלאמיסטית מתמודדת עם שורת משברים, שמעלים את סף הרגישות ועשויים להוביל להתלקחויות... אנחנו מעריכים שמדינת ישראל תיפגש בשנה הקרובה בסביבה אזורית לא יציבה, מתוחה, ואסלאמיסטית מבעבר... זו סביבה שמתמודדת עם שורה של משברים, אזוריים ופנימיים, שמעלים את סף הרגישות של כלל השחקנים ושעשויים להוביל, גם ללא תכנון מוקדם, להתלקחויות".

הערכות המודיעין השנתיות אינן מצוצות מהאצבע ומושקעים בהן מחקר ומחשבה, אבל במרחב שלנו לא היתה שנה שחשש מהתלקחות לא הופיע בהערכות אלה של אמ"ן, למעט, אולי, בשתי שנים נפרדות – ב־'67 וב־'73 (למרבית האירוניה).

סוכנות איומים שלישית – התקשורת, או ליתר דיוק, הפרשנים הצבאיים והמדיניים. הכול מסכימים שאי אפשר לצאת עם כותרת "הכול בסדר, אין חשש ביטחוני, לא צפויה מלחמה". הפרשן מחויב להזהיר. במקרה הישראלי, ההכאה על חטא השתיקה התקשורתית שלפני מלחמת יום הכיפורים עדיין מרחפת.

דוגמה טובה לאיומי התקשורת, בהנחה שהיא נותנת ביטוי לדאגת הציבור, מהווה פרשת מסכות הגז, המכונות רק אצלנו מסכות אב"כ, בבחינת כלי המגן האישי במקרה של פגיעה אטומית, ביולוגית וכימית. ❮

למען האמת, החשש מפני שימוש בגז נגד אוכלוסיית ישראל על ידי מדינה שכנה או על ידי ארגון טרור הוא נמוך מאוד. ואף על פי כן, המסכה של חורף 1991 נתפסה בתודעת הציבור כציוד ראשוני הדרוש להתגוננות אישית במקרה מלחמה מכל סוג שהוא, ואין שום קשר בין פצצה גרעינית למסכת אב"כ. לא מקרה אם כן, כי כאשר הוציא הרמטכ"ל, רב־אלוף גנץ, הודעה מרגיעה לתקשורת בהקשר מתקפה אפשרית באיראן, הוא השתמש בביטוי "להחזיר את המסכות למחסנים". הסמליות של המסכה לביטחון האישי היא־היא העניין. לא סוד הוא כי המקרה המתמשך של מסכות האב"כ הנדונות עלה למדינת ישראל מיליארדי שקלים, הוצאה בהחלט מיותרת שכל עניינה היה מענה לחרדה הציבורית ולא לעצם האיום. הממשלות וצה"ל, במקרה זה, עשו במסכות שימוש מניפולטיבי שיצא מכלל שליטה, וזאת בברכת ובהעצמת התקשורת.

איום קונבנציונלי ובלתי קונבנציונלי

מה טיבה של ההגדרה "לא קונבנציונלי"? לפי אילו אמות מידה נקבע הסיווג? אם לפי מדד האבדות, הרי שבמאה ה־20 מרובת המלחמות נהרגו במלחמת העולם הראשונה למעלה מ־18.5 מיליון בני אדם, כמחציתם אזרחים. במלחמת העולם השנייה נהרגו, לפי ההערכות המקובלות, כ־74 מיליון בני אדם, מהם כ־49 מיליון אזרחים. נוסיף את הרוגי שאר המלחמות, קוריאה, וייטנאם, מלחמות המזרח התיכון ואחרות, נגיע ליותר מ־100 מיליון הרוגים. שיעור הנספים מגז חרדל ומשתי פצצות גרעין, נשק לא קונבנציונלי, היה פחות מפרומיל. המסקנה המתבקשת היא שלא סוג הנשק קובע, אלא אופי הסכסוכים והמלחמות. במלחמה הקרה יכולת ההשמדה המבוטאת בנשק הגרעיני שבין מלחמת העולם השנייה לסוף המאה, היא שמנעה את השימוש בו.

להלן דוגמה. ב־1962, בעיצומו של משבר הטילים בקובה, שלח מנהיג ברית המועצות, ניקיטה חרושצ'וב, איגרת לנשיא ארצות הברית, ג'ון קנדי, ובה כתב: "אתה ואני, אל לנו למשוך כעת בקצוות החבל שבו אתה קשרת לולאה של מלחמה, משום שככל שנמשוך חזק יותר, כך תתהדק הלולאה יותר. יבוא יום שבו הלולאה תהיה כה הדוקה שהאיש שקשר אותה כבר לא יוכל להתירה והוא ייאלץ לחתוך אותה. את משמעות הדבר אין צורך שאסביר לך, משום שאתה בעצמך יודע היטב אילו כוחות איומים יש באמתחתן של שתי מדינותינו". מכאן מתבקשת המסקנה – שככל שפוטנציאל ההשמדה ההדדית עולה, כך קטן החשש לשימוש ביכולות ההשמדה הללו.

השאלה השנייה הרלוונטית למושגים קונבנציונלי – לא קונבנציונלי היא האם יש חשש לשימוש בחימוש לא קונבנציונלי במלחמות באזורנו, צבא מול צבא. בעניין זה נראה שהסיכוי נמוך עד אפסי. זאת משום שליכולות הישראליות בתחומים האטומי־כימי־ביולוגי אפקט הרתעתי גבוה, הרבה מהיכולת להרתיע מפני שימוש ברקטות ובטילים מכל הסוגים והטווחים. ראוי לזכור כי שתי מדינות ערביות עם שליטים סמכותיים, מצרים מול ישראל ועיראק מול צבא ארצות הברית, לא השתמשו בנשק כימי וביולוגי כאשר היו נתונות בלחץ צבאי. הן נדחקו אל הקיר והתאפקו. המסקנה המתבקשת – ככל שיכולת ההשמדה עולה, כן מתמעטת הנכונות לעשות בה שימוש. ערכו של נשק זה יישאר בתחום ההרתעה ההדדית בלבד.

בימינו נכנס גורם חדש למערכת האיומים: החשש משימוש בנשק המסווג כנשק השמדה המונית על ידי ארגוני טרור לא מדינתיים. כאן הסיכויים למימוש, ככל שמדובר בארגון טרור, נמוכים עד זניחים. השאלה המתעוררת היא האם החשש האמור עלול להניע למלחמת ומבצעי מנע בנוסח של תגובה מקדימה.

מחיר המענה ב"תרבות האיום"

התייחסות הציבור להגנתו משתנה במהלך השנים. פירוש הדבר שהתייחסות ההנהגות, הממשלתית והצבאית, להגנת העורף בתחומים המעשיים מושפעת מהדרך שבה הציבור תופס את חומרת האיום ואת הנורמה ההגנתית המתחייבת לביטחונו. דעת הציבור מושפעת מאוד מתעשיית האיומים המוסדית היוצאת לא פעם משליטה. התוצאה האפשרית היא השקעת משאבים כמענה ללחץ נורמטיבי, לא אחת ללא הצדקה.

דוגמה: ב־1996 פרסמה רפא"ל (רשות פיתוח אמצעי לחימה) תוצאות מחקר המאיר את נושא הגנת העורף מהיבט השקעת משאבי המדינה. היה זה מחקר בלתי תלוי של גוף חיצוני לצה"ל שהוזמן על ידי משרד האוצר דווקא. המחקר נעשה בהתאמה לתרחיש האיומים הצה"לי המחמיר, שראה את תקיפת העורף במסגרת מלחמה מול הצבאות והארגונים המעורבים בסכסוך בין ישראל לשכנותיה. אותו מחקר שניתח, לפי תרחיש האיומים הצה"לי, את חומרת הפגיעה של חומרי לחימה כימיים אל מול ההשקעה השנתית להגנה על האזרחים לתקופה של עשר שנים, מצא כי ההשקעה הזו תציל כמאתיים בני אדם ממוות. תחשיב ההשקעה הלאומית הכוללת לאורך עשר שנים להצלת חיי אדם בודד יהיה, לפיכך, כ־50 מיליון דולר. מהיבט אחר, השקעה מתמשכת (בישראל) במערכת הבריאות להצלת חיי אדם (בכל מצב אפשרי, כמו מלחמה, מחלה, תאונות דרכים) היא כ־250 אלף דולר לעשר שנים לכל אזרח, בלבד. כך, אגב, גם ההשקעה המקובלת בארצות הברית. לפיכך הגיעו עורכי המחקר למסקנה, כי ההשקעות להגנת העורף מפני חומרי לחימה כימיים, המשוגרים על ידי טילי קרקע־קרקע, לחלוטין אינן סבירות ומוטב להשקיע את הכסף במערכת הבריאות הכללית.

ד"ר סטריינג'לאב, כרזה 2

מסכות האב"כ עלו למדינת ישראל מיליארדי שקלים, הוצאה מיותרת שכל עניינה היה מענה לחרדה הציבורית ולא לעצם האיום. הממשלות וצה"ל עשו במסכות שימוש מניפולטיבי שיצא מכלל שליטה, וזאת בברכת ובהעצמת התקשורת

המחקר ציין עוד כי החוק (1996) אינו מחייב את המדינה לספק ערכת מגן אישית לכל אדם בישראל ושר הביטחון רשאי לחייב אזרחים לקבל מסכות מגן על פי שיקוליו. זה החוק, אבל לא הגישה הנורמטיבית ולא הגישה לאיום שהפנימו האזרחים וחברי הכנסת האמורים לייצג אותם. ונשאלת השאלה, הלזה התכוון המחוקק? בבחינת, מי אתה, אדוני השר, שתחליט מי יזכה למסכה ומי לא? לשאלה זו אין עדיין מענה בישראל, וזו היתה הסיבה לכך שבמלחמת המפרץ השנייה (2003) החליט המטכ"ל על דעת עצמו לחלק מסכות לאוכלוסייה, החלטה מיותרת שעלותה התקציבית היתה גבוהה בצורה קיצונית.

המחקר של רפא"ל מסיים במסקנות הקשורות ל"מחיר הטעות" ומצביע על תופעות נלוות למיגון העורף מפני חל"כ (חומרי לחימה כימיים) כאינטראקציה שבין מקבל ההחלטות, מדינאי (או איש צבא), לציבור: "חלק ניכר מהסוגיות הרלוונטיות אינן ניתנות לכימות. הגורמים הפסיכו־פוליטיים המעורבים בהגנת העורף מונעים את מקבלי ההחלטות מלפעול ולהחליט לפי הגיונם ומיטב שיפוטם. מקבל ההחלטות יודע מראש כי הציבור עלול להתנגד ולמחות על החלטותיו". מכאן אפשר ללמוד כי בשיקולי ממשלות ומטות כלליים ראוי לשקול מראש גם את האפשרות שהאיום המוצג לציבור עלול לצאת משליטה.

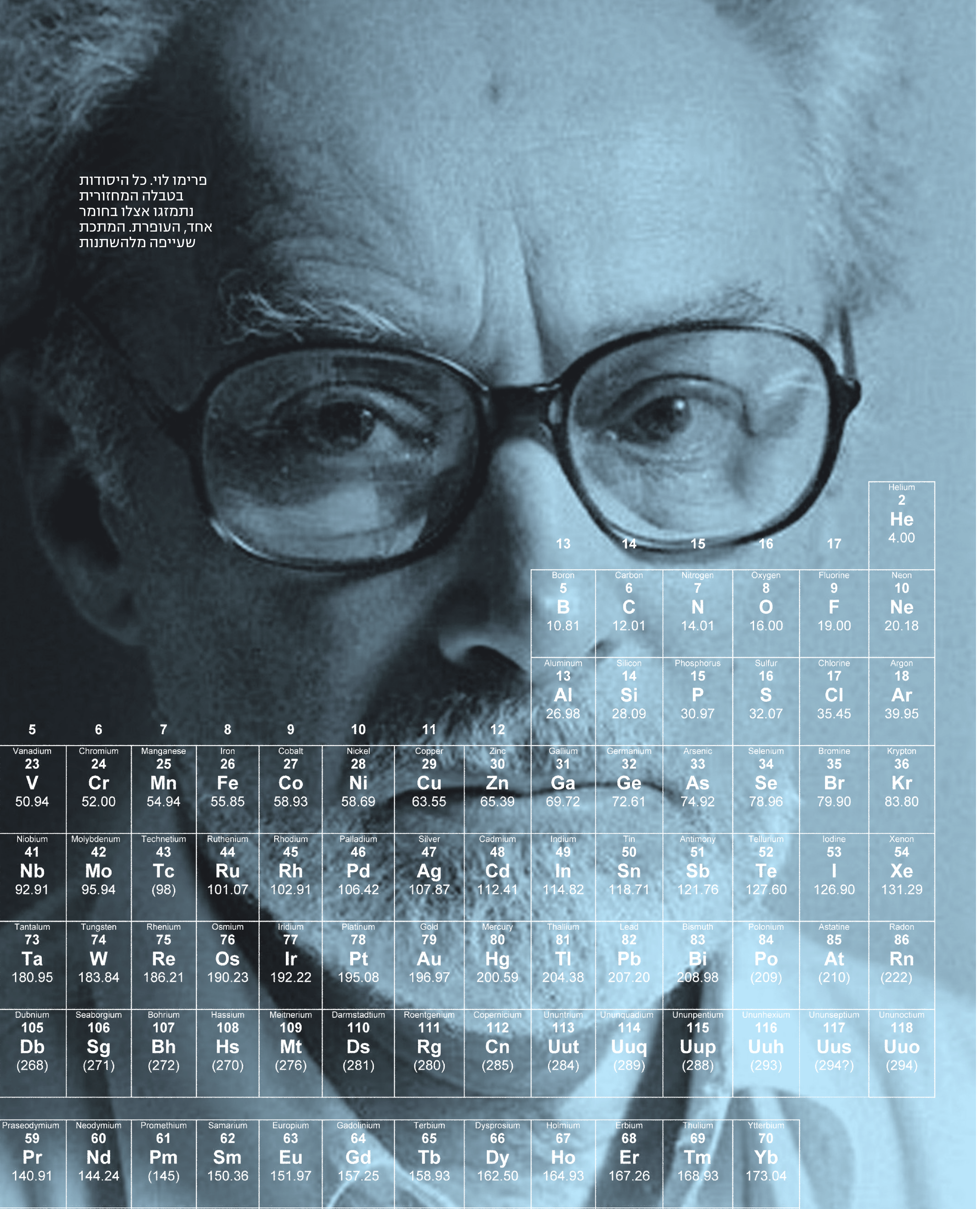
האיום המחליש

ב־1955, כאשר נודעו לאגף המודיעין הישראלי ממדי עסקת הנשק הצ'כית־מצרית (הרוסית־מצרית), שהיתה אז בממדים חסרי תקדים במזרח התיכון, היה המטה הכללי של צה"ל בתדהמה. הרב הצבאי הראשי דאז, שלמה גורן, המליץ ברצינות להעמיד באחד הבסיסים מחלקת חיילים של הרבנות הצבאית כדי לומר תהלים ללא הפסק. אולם חוץ מהקצונה הבכירה, ראש הממשלה, שר הביטחון ושרים אחדים, דבר כמעט לא יצא לציבור. כך היה אז. במציאות שבה אנו חיים כיום לא תיתכן השתקה שכזאת. הפרשן יודע ומפרסם חששות ואיומים מפי אישים מוסמכים עוד לפני שהללו נדונו בממשלה.

לפיכך, כאשר מתקיימת הצפת איומים בנוסח הזה, בין שיש בהם היגיון ובין שאין, או שאין אפשרות לשלול אותם מכול וכול, הפרט והחברה יכולים להידחק לשני כיוונים: לפאניקה מחד, או לאדישות מאידך.

בתקופת המצור על ביירות במלחמת לבנון ב־1982 הופצצו קשות רבעים מסוימים של העיר כדי לשכנע את האוכלוסייה להקיא מתוכה את אנשי הפת"ח. בקשר לאירוע זה קבע מחקר של פסיכולוגיית המונים, כי מגבול סבל מסוים, האוכלוסייה נעשית אדישה ולא מסוגלת להגיב ולהתנהג כמצופה (מצד מפעילי הלחץ). גם שימוש מתמשך באיום ככלי מניפולטיבי כדי להניע ולגייס, יש להניח, עלול להשיג תוצאה הפוכה. מותר להסיק כי השימוש בכלי האיום על ידי מנגנוני הממשל בחברה הישראלית עלול להזיק בטווח הארוך יותר מאשר להועיל. שפת האיום, כבר הוכח, גוררת עימה תוצאות לא צפויות. לפיכך, מותר, ואף יש צורך, להזהיר מפני איומים מניפולטיביים, שסופם יציאה משליטה. במאמץ המתמשך, נקל לתאר, משהו עלול להישבר.

באשר לתודעה הצבאית, דהיינו האיום כמעצב את ההיגיון הביטחוני והצבאי, נראית תופעה מדאיגה הבאה לביטוי בדברי רמטכ"ל או מפקדים בכירים בפומבי; איומים ומענה להם. זו צורת חשיבה אשר בה האיומים הם המובילים, ולהם יש לפתח מענים הולמים. זו גישה המזניחה יוזמות, מדיניות וצבאיות כאחת. מדיניות של היגררות ולא של הובלה. ✕



פרימו לוי. כל היסודות בטבלה המחזורית נתמזגו אצלו בחומר אחד, העופרת. המתכת שעייפה מלהשתנות

ארבעים שנה מלאו להוצאת הספר "הטבלה המחזורית" (1975) שהוכתר על ידי המכון המלכותי של בריטניה כ"ספר המדע הטוב ביותר של כל הזמנים". בשנת 1988 כתב צבי ינאי המנוח, עורך "מחשבות" דאז, מאמר על אודות מחבר הספר, הסופר היהודי איטלקי פרימו לוי, על הטבלה המחזורית ועל משמעות החיים שאחרי השואה. הזדמנות לזכור ולהזכיר, הן את הסופר והן את כותב המאמר

הזמן השאול של פרימו לוי

צבי ינאי

בסיפור "זמן שאול"[1] כותב פרימו לוי על ג'וזפה, בעל חנות בדים קטנה, "עייף ממכירת בדים, עייף מלהיות ג'וזפה, עייף מלהיות עייף". יום אחד נכנס לחנותו אדם, ואגב שיחה מודיע לו שהוא נשלח מלמעלה לבשר לו שדינו נגזר. ההוצאה לפועל נקבעה למועד כלשהו בעתיד. לפי שעה זוהי רק אזהרה למקרה שירצה לרכוש לעצמו ביטחונות מוקדמים, אבל "מעתה זמנו הוא זמן שאול". ב־11 באפריל 1987 מצא פרימו לוי את מותו בנפילה מפתח דירתו שבקומה הרביעית. האם נפל או הפיל את עצמו? קשר שתיקה אופף עד היום את מותו, אבל למקרא ספריו קשה להשתחרר מההרגשה שהתרסקותו על רצפת ביתו שבטורינו קשורה באזהרה שקיבל ארבעים שנה קודם כי החול בשעונו החל למנות את הזמן השאול שלו.

הטבלה המחזורית[2]

שנות בחרותו של פרימו לוי עברו עליו בטורינו, בחבל פיימונטה. כסטודנט לכימיה הוא דימה את הקהילה היהודית הקטנה של פיימונטה, שמוצאה מגירוש ספרד, ליסוד הכימי ארגון. הארגון הוא גז אציל, בלתי פעיל מבחינה כימית, משום שרמת האנרגיה הגבוהה שלו (ה"קליפה" החיצונית) מלאה באלקטרונים. מאחר שכך, אין לארגון צורך כימי למסור או לקבל אלקטרונים מיסודות אחרים, דבר העושה אותו בלתי מעורב. לכאורה ייצג פרימו לוי את ההפך הגמור. כבר בנעוריו הוא היה מעורה בתרבות האירופית והתמכר למכמני השירה, ההגות, הספרות, ההיסטוריה והאמנות של איטליה.

בסקרנותו האינטלקטואלית היה לוי קרוב דווקא למימן, יסוד בעל אלקטרון יחיד ולפיכך עז חפצו להשלים את החסר באלקטרון נוסף או לוותר על האלקטרון, דבר שהופך אותו ליסוד היפר־אקטיבי המעורב בתגובות כימיות רבות. חיוניותו של המימן עושה אותו בעיני לוי לנציגה המובהק של הכימיה, אותה כימיה שנראתה לו בתקופת לימודיו סמל לאין ספור אפשרויות הטמונות בחיק העתיד, עתיד נעלם ונוצר סוד. בה בעת ייצגה הכימיה בעיניו גם את עקרון הסדר השולט בטבע. ואמנם, דומה כי הכימיה, אולי יותר מכל מקצוע מדעי אחר, ענתה על צורך עמוק של לוי למצוא סדר, שיטה והיגיון במציאות, צורך המוצא את המענה המשכנע ביותר בטבלת היסודות המחזורית של מנדלייב.

התפעלותו של פרימו לוי מהטבלה המחזורית חרגה מתחומי הכימיה. היא ייצגה בעיניו את החלק הקונקרטי והממשי של המציאות. בכימיה הוא ראה עיסוק המוליך "אל לב ליבו של החומר". החומר, "יריבה הגדול של הרוח", נעשה בעל בריתו "דווקא מפני שהרוח, היקרה לפשיזם, היתה אויבתנו". החומר הוא גם הכלי שבאמצעותו אפשר לפענח את סודותיו של "הטבע האינסופי והמורכב". אומר לוי: "להכניע את החומר פירושו להבינו, והבנת החומר הכרחית כדי להבין את היקום ואת עצמנו, ולפיכך הטבלה המחזורית של מנדלייב, שעל פתרון צפונותיה שקדנו באותם ימים, היא בעצם שירה נשגבת וחגיגית מכל השירים שעיכלנו בגימנסיה (...), ואם מחפשים את הגשר, את החוליה החסרה בין עולם המילים לעולם הדברים, אין צורך להרחיק לכת: הוא היה שם (...), במעבדותינו המפויחות".

כמו ז'אן בטיסט גרנוי, גיבור ספרו של פטריק זיסקינד, "הבושם", החוזר ומזקק את נוזלי הפרחים עד שהוא מקבל ברצפת הכלי את "השמן הטהור, התמצית, יסוד הריח של הצמח", רואה לוי בתהליך הזיקוק "אקט דתי כמעט, בו אתה מפיק מחומר לא מושלם את התמצית, את הרוח".

אבל חרף הערצתו את הכימיה יודע לוי כי "המפתח לאמיתות העילאיות" אינו טמון בספרי הלימוד ולא בפילוסופיה. הוא נחוש בדעתו למצוא דרך אחרת לידיעה אמיתית של הדברים, השונה מידיעת המילים. על הבדל זה בין שתי הידיעות עומד ידידו וחברו ללימודים, סנדרו, החוזר ומדגיש באוזני לוי כי תעודת סיום בכימיה לא מסמיכה אותו לדבר על החומר, באשר את החומר הוא מכיר רק דרך שמות, מושגים וניסויים במעבדה, ואין בעיסוק זה כדי לקרב אותו קירבה בלתי אמצעית לארבעת היסודות של אמפדוקלס (אדמה, מים, אש ואוויר). ידיעת המושגים, אומר לו סנדרו, לא מקנה לכימאי ידיעה כיצד לתקוע יתד בסלע, איך להיאחז בזיזי אבנים וכיצד לטפס בחבל ולחצות מפל מים. את הידיעה הבלתי אמצעית הזאת ממש סנדרו הלכה למעשה. הוא מבלה את מרבית זמנו במסעות מתישים על הרים, בקור, ברוח ובגשם, חווה את הסופות על פסגות הרים ועוקב אחרי נביטת הזרעים.

לוי מתאר את סנדרו כמי שאינו אוהב מילים בכלל ומילים רמות בפרט. סנדרו נמנה עם אלו האומרים "רק את גרעין הדברים". דרך ההתנסות הישירה מנסה סנדרו לזהות את נקודת השבירה של החומר ולהגיע למהות שלו. סנדרו חש באורח עמום "בצורך להכין עצמו לקראת עתיד של ברזל, שהתקרב מחודש לחודש", ואכן היתה זו יותר מסתם נבואת לב. באפריל 1944 הוא נתפס בידי הפשיסטים ונורה למוות אגב ניסיון בריחה. לוי מסכם את חייו של ידידו האהוב בתחושת צער על קוצר ידן של המילים "להחיותו מחדש על הדף הכתוב, בייחוד אדם כמו סנדרו, איש שחי כל כולו במעשיו, וכשאלה תמו לא נותר ממנו דבר: דבר מלבד מילים, בדיוק". על קוצר ידן של המילים עתיד פרימו לוי לעמוד פעם נוספת כשיגיע לאושוויץ.

יחסו המיוחד של לוי לסנדרו הוא יותר מידידות גרידא. בסנדרו הוא מוצא את הוודאות, המוצקות והממשות שהוא מגלה בטבלה המחזורית של היסודות, ולא מקרה הוא שאת הפרק המתאר את סנדרו הוא מכתיר בשם "ברזל". לוי, כרבים מאלה המצויים יותר בעולמן של מילים מאשר בעולם המעשים, העריץ אנשים כמו סנדרו המנסים להכיר את המציאות בגופם ולא בשכלם. התחברותו לסנדרו והמסעות המשותפים בהרים היו עבורו המשך ישיר לבחירתו בכימיה: נקודת אחיזה בחומר, המייצג את הממשי ואת הקונקרטי, וניסיון להינתק מחברתם העקרה של היסודות האצילים, הבלתי פעילים, התלושים והמנותקים, הבלתי מעורבים. הצורן (סיליקון) הטהור, הטהור עד כדי כך שהוא עמיד גם בפני פעילותה המאכלת של החומצה, דוחה אותו בשל יומרתו המוסרנית. לוי מבכר על פניו את הצורן המלוכלך, אשר זיהומו גורם לו להגיב לחומצה. "כדי שיחיו החיים", כותב לוי, "יש צורך במחלוקת, בשוני, בגרגר של מלח ושל חרדל". מבחינה מטפורית מצוי הצורן בקבוצת הפחמן – "חומר הגלם של החיים". חלקו של הפחמן בעולם (או ביקום) הוא מזערי, אף על פי כן, מדגיש לוי, מהזיהום הזעיר הזה "באים אנחנו: אנחנו בעלי החיים, אנחנו הצמחים, אנחנו המין האנושי וארבעת מיליארדי הדעות שלנו שאינן עולות בקנה אחד, אלפי שנות ההיסטוריה, מלחמתנו ובושותינו, אצילותנו וגאוותנו".

התפעלותו של לוי מהטבלה המחזורית חרגה מתחומי הכימיה. היא ייצגה בעיניו את החלק הקונקרטי והממשי של המציאות. בכימיה הוא ראה עיסוק המוליך "אל לב ליבו של החומר". החומר, "יריבה הגדול של הרוח", נעשה בעל בריתו "דווקא מפני שהרוח, היקרה לפשיזם, היתה אויבתנו"

לוי בוחר בכימיה כיוון שהיא "תערובת של סרחונות, התפוצצויות וחידות קטנות ונבובות". החומר הממשי, המוחשי, הראשוני ונטול היומרות הוא השער להבנה ולידיעה בלתי אמצעית של האדם ושל המציאות

לא יעבור זמן רב ולפרימו לוי תינתן ההזדמנות לבחון מחדש את חיבתו ל"זיהום הזעיר" שממנו אנו באים, כשיתברר לו שזיהום זה הוא אולי כל האדם. אך כל עוד הוא תפס את החיים דרך מילים, מושגים ואידיאות, הכימיה נראתה לו מכשיר אידיאלי להבין באמצעותו את המהות של חיי אדם, משום שבניגוד לאסטרופיזיקה, הכימיה לא עוסקת "בסף הבלתי ניתן לידיעה" של גלאקסיות רחוקות ובמהות האינטימית של הדברים, המוסתרת מאחורי שבעה צעיפים והנגישה ליודעי ח"ן בלבד, כדברי האסיסטנט של מורהו לכימיה.

לוי בוחר בכימיה כיוון שהיא "תערובת של סרחונות, התפוצצויות וחידות קטנות ונבובות". החומר הממשי, המוחשי, הראשוני ונטול היומרות הוא השער להבנה ולידיעה בלתי אמצעית של האדם ושל המציאות. "אצילותו של האדם", הוא אומר, "אשר הושגה במשך מאתיים יובלות של ניסוי וטעייה, נעוצה בהשתלטותו על החומר", כפי שהיא מתגלמת בטבלת מנדלייב. טבלה זו, שהיא לפרימו לוי "שירה נשגבת וחגיגית מכל השירים, והאוצרת בתוכה את סודות החומר שנגלו ושעוד יתגלו", וגם "הדברים שלעולם אולי לא נגלה", היא בעיניו מערכת ייחוס אשר כל כימאי מודד ביחס אליה את הצלחתו ואת כישלונו. "כך קורה אפוא", הוא אומר, "שכל יסוד אומר משהו למישהו (ולכל אחד משהו אחר) כמו עמקי ההרים או החופים שביקרת בהם בנעוריך".

אם זהו אדם [3]

ב־1943, והוא בן 24, מצטרף לוי לפרטיזנים. לאחר זמן מה, ב־12 בדצמבר באותה שנה, הוא נתפס בידי הפשיסטים. בהנחה (שבדיעבד תתברר כשגויה) שאת הפרטיזנים יוציאו להורג, הוא מזדהה בפניהם כיהודי. ב־22 בפברואר מוטענים 650 יהודים, בכללם לוי, ב־12 קרונות משא, ובתום חמישה ימים מלאי תלאות נעצרת הרכבת ברציף של אושוויץ. כעבור יומיים נותרים בחיים רק 125 אנשים מהמשלוח. שלושה מהם בלבד יזכו לשוב לאיטליה.

לוי מתאר את קורותיו באושוויץ בשפה לקונית, אולי השפה היחידה האפשרית לתיאור מקום שבו הגרוטסקי מתחרה במפלצתי והזוועה בבורלסקה, כמו באותם מסדרי נוכחות המתארכים לנצח, המשרים במפגני הסדר שלהם אווירה אבסורדית. המוטו בקרב תושבי המחנה הוא: Ne pas chercher a comprendre, אל תנסה להבין. הניסיון להבין את הגיונן של הפקודות, ההחלטות וההוצאות להורג אך מעמיק את הייאוש ומקרב את הקץ. עד מהרה לומדים החדשים לא לצפות, לא לקוות, לא לנסות לחזות את העתיד. ממילא שום מעשה ממעשיהם אין בו כדי להשפיע על מהלך הדברים. אושוויץ היא חלקת האדמה שנהפכה על ראשה, כברת ארץ שבה המילים והמעשים מקבלים משמעות הפוכה. המוזיקה המענגת בעבר השני של גדרות התיל הופכת מאוסה לאחר שצליליה מלווים את שיירת האומללים העושה מדי בוקר את דרכה לעבודת הפרך היומית. באושוויץ הזמן עובר מהר יותר דווקא כאשר אתה בטל מכל מעשה, מעיד לוי, שכן כאשר הגוף המיוסר, המורעב והחבול מצוי בפעילות "כל דקה נעה בכאבים מרובים, ודרוש עמל רב כדי לגרשה". צו החיים העליון באושוויץ הוא החיסכון: חיסכון באנרגיה, בנשימה ואפילו בחשיבה. במרחב התחום של פלנטה מפלצתית זו יודעים תושביה הוותיקים כי מוטב להסתכן במהלומות בגין בטלה של רגע מאשר להרים לבנה מהארץ בהגיע תורך, שכן ממהלומות רק לעתים רחוקות מתים, ואילו מתשישות נופלים כמו זבובים. שם, באושוויץ, עומד פרימו לוי פעם נוספת על רדידותה של השפה האנושית. אותה שפה, שבעבר נראתה לו כבר נלעגת, כמו אדם "המבקש לחרוש באמצעות נוצה", בבואה לתאר כוכבים רחוקים, ניצבת עתה במלוא עילגותה בבואה לתאר את הרס האנוש ואת עלבון האדם באושוויץ.

שם, ב־anus mundi של החברה האנושית, נוכח מחנה הצללים של אסירים לבושי סחבות מטונפות, רעבים, צמאים, פצועים, גוססים, חסרי שם וזהות, חודרת המציאות הקרה להכרתו: "הגענו לתחתית, אי אפשר לשקוע עמוק יותר". החוק השורר בתחתית הוא "אכול את הלחם שלך, ואם אתה יכול – גם את זה של שכנך". ועוד: אם חפץ חיים אתה, מוטב לך להתעלם מתחינתו של המוזמן לעזרה. לעולם אל תבחר בו כבן זוג לעבודה. אם גילית שיטה להתחמק מהעבודה או להשיג מנת מזון נוספת – שמור מידע זה לעצמך. השליטה במידע קונה לך כבוד והערכה מצד האסירים, ואת אלה ניתן להמיר במזון או בפריט לבוש חיוני. במציאות של בור הצלמוות שתי קטגוריות הקיום העיקריות הן הינצלות וטביעה. כל זוגות הניגודים האחרים, כמו חוכמה וסכלות, פחדנות ואומץ, טוב ורע, הם משניים. תמונה מצמררת זו של אסירים שפלי רוח המוכנים לגנוב, לשקר, להלשין ולעשות כל מעשה נבלה אחר בעבור כף

מרק ופרוסת לחם, מעלה אצל פרימו לוי את התהייה מהו האדם, עד כמה הוא ביסודו יצור ברוטלי, אנוכי, סכל, חסר עכבות ומעצורים.

כאן המקום לחזור לג'וזפה ולהתראה שקיבל, כי חייו יתנהלו מאותו רגע על זמן שאול. בניגוד למשרתו של האמיר בסיפור הידוע, הבורח עד העיר סמארה מאימתו של מלאך המוות רק כדי לפגוש בו שם ולהתבשר מפיו שמלכתחילה נקבעה לו שם פגישה עמו, מקבל ג'וזפה רק התראה, שאולי נועדה לאפשר לו לשנות את חייו, לבחון את האכזבות שנחל, להעריך את ההישגים שהשיג ולהביע משאלות שלא מימש.

זמן שאול הוא פרק זמן מאוד מיוחד, משום שמועדו ומשכו אינם קבועים: יש המתבשרים עליו סמוך ליום מותם ויש המקבלים אותו שנים רבות מראש. ההתראה על זמן שאול היא כאותה נורית אזהרה במכונית, המודיעה לנהג שהדלק במכל הראשי אזל וכי הוא החל לצרוך דלק מהמכל הרזרבי. למן אותו רגע עליו להחליט אם להמשיך ליעדו המקורי או לסטות לעבר תחנת הדלק הקרובה. השאלה מה לעשות בזמן השאול היא אולי השאלה החשובה ביותר בחיים: האם לפרוש מהעבר ולפתוח בדבר מה חדש ושונה או להמשיך את שגרת החיים ולהוסיף ולמכור בדים עד לביקורו השני של השליח? כך או כך, הארעיות והאי־ודאות של הזמן השאול מציבים אותו בקוטב הנגדי של הממשות ושל הוודאות המיוצגות על ידי הטבלה המחזורית. שם, בסביבה הקבועה והחזויה של היסודות הכימיים, הפחמן לעולם ניצב בין הבורון לחנקן. מכאן, אם הפחמן הוא היסוד המרכזי של חומרי החיים, ואם המימן הוא היסוד השכיח ביותר של חומרי הכוכבים, היסודות הרדיואקטיביים הם הנציגים היותר מובהקים של הזמן השאול. היותם בלתי יציבים ונתונים לתהליך אקראי של התפרקות מאפשר לקבוע מתי גוש של חומר רדיואקטיבי יתפרק כדי מחציתו, אבל לא לנבא מתי יתפרק ממנו אטום בודד, כיוון שמועד התפרקותו כפרט הוא אקראי לחלוטין. הואיל וכך, כל אחד מהאטומים האלה יכול להעריך את מועד התפרקותו אך ורק באופן סטטיסטי, אבל לעולם לא יוכל לנבא באופן ודאי ונחרץ את המועד הזה.

ואמנם פרימו לוי, על פי עדותו הוא, חב את חייו לשרשרת מקרים: הוא נשלח לאושוויץ ב־1944, כאשר גרמניה היתה זקוקה נואשות לידיים עובדות, מה שהאט במקצת את קצב ההשמדה של אסירי המחנות; הסלקציות פסחו עליו בגלל הדרישה לכימאים במפעל שהוקם באושוויץ; מחלת השנית שנדבק בה ב־11 בינואר 1945 הביאה לאשפוזו בצריף החולים שבעה ימים לפני שהגרמנים נטשו את המחנה ונטלו עימם 20 אלף אסירים בריאים למסע שאיש ממנו לא נותר חי.

אקראיותם של החיים והמוות באושוויץ מקבלת ביטוי נלעג ואבסורדי בסלקציה האחרונה, באוקטובר 1944. הבהקי התותחים הרוסיים המאירים את האופק משבשים מעט את פעילות ההשמדה המשומנת של הגרמנים. כך קורה שבסלקציה האחרונה נופלות טעויות לא אופייניות, ומספר לא מבוטל של אסירים בריאים נשלחים למשרפות יחד עם החולים והזקנים. בתום הסלקציה שבים לצריף הנידונים למשרפות יחד עם בני המזל שקיבלו ארכת חיים נוספת. קון הקשיש מודה בהתכוונות עמוקה לאלוהים על שהסלקציה פסחה עליו. את תפילתו הוא נושא ליד בֶּפּו, צעיר יווני בן 20 שנידון באותה סלקציה להישלח לתאי הגזים. פרימו לוי מזדעק נוכח תפילת ההודיה של קון, שהרי אותו אל שהציל את חייו הוא זה שחרץ את דינו של בפו למות בדמי ימיו. אומר לוי: "אילו הייתי אלוהים הייתי יורק על תפילתו של קון". אין זאת שבברירה המפחידה בין עולם מקרי הנשלט על ידי אקראיות עיוורת לבין עולם שהרשע בו מכוון ומהווה חלק מתוכנית אלוהית, מבכר פרימו לוי את האקראיות. אך העמידה מול שתי ברירות רעות אלה מעלה בהכרח את התהייה שהציג ויקטור פרנקל בספרו "האדם מחפש משמעות": "חיים שפשרם תלוי במקריות כזו – בכך אם במקרה אתה ניצל או לא – בסופו של דבר אינם כדאיים כל עיקר". בעולם של רוע מפלצתי הנאציזם הוא מין גידול ונדאלי, חסר הסבר, כאותה עיסת צבע מקולקלת שאת גלגולה מתאר לוי בסיפורו "מרד המולקולה".[1]

זמן שאול הוא פרק זמן מאוד מיוחד, משום שמועדו ומשכו אינם קבועים. השאלה מה לעשות בזמן השאול היא אולי השאלה החשובה ביותר בחיים: האם לפרוש מהעבר ולפתוח בדבר מה חדש ושונה או להמשיך את שגרת החיים

הארעיות והאי־ודאות של הזמן השאול מציבים אותו בקוטב הנגדי של הממשות ושל הוודאות המיוצגות על ידי הטבלה המחזורית. שם, בסביבה הקבועה והחזויה של היסודות הכימיים, הפחמן לעולם ניצב בין הבורון לחנקן

פרימו לוי, 1940, ארבע שנים לפני שנשלח לאושוויץ

הבושה והאשמה

ב"מרד המולקולה" מספר לוי על אירוע שאירע לרנאלדו, חברו לעבודה במפעל לצבע. שמונה טון צבע שהתבשלו בדוד ענקי החלו להצמיג עד שנהיו עיסה קרושה חסרת תועלת. רנאלדו מזועזע. הוא בוחן שוב ושוב במוחו את סדר הפעולות שעשה, בודק מחדש את הנוסחה ומונה את כמויות המרכיבים ששפך לדוד, אך ללא הועיל. הטעות נותרת עלומה. בעיני רוחו מופיעות מולקולות הצבע בדוד כבעלות שלוש ידיים התופסות זו בידה של זו ויוצרות בסופו של דבר "מולקולה אחת, מולקולה־מפלצת, בגודל של כל הדוד". התוצאה היא גוש של חומר צמיג, צהוב, מבחיל, מבעבע, המשחרר בועות גז כביצה באושה, "סמל לכל הרעות המעיבות על עתידנו, לשלטון התוהו על הסדר, לשלטון המוות הנתעב על החיים".

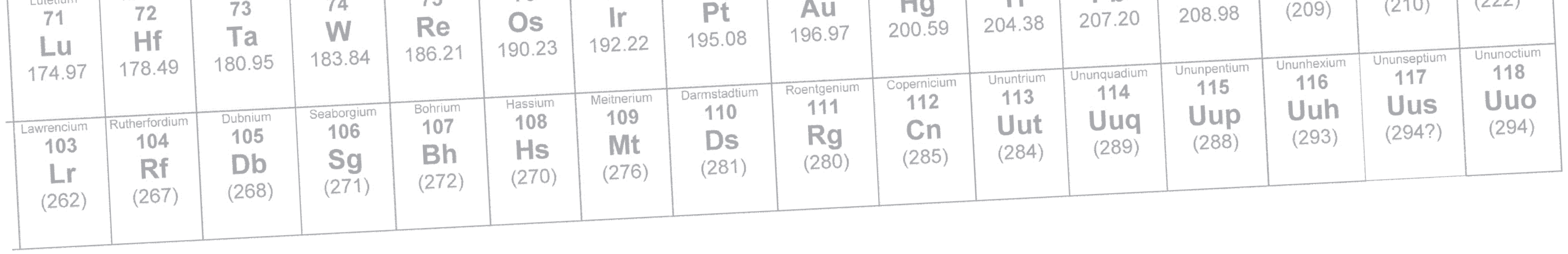
אין זה מן הנמנע שאושוויץ נתפסה לפרימו לוי כאותה עיסה צמיגה ומבחילה. והוא, כאחד מבניה המובהקים של התרבות המערבית, עומד נרעש ומבוהל מולה, שואל היכן טעו ובמה שגו. כמו רנאלדו הוא יכול להעביר בזיכרונו שוב ושוב את הנוסחה שעמדה בערש התופעה הנאצית ולסרוק שוב ושוב את מרכיביה בלי להבין כיצד מתמיסה המכילה את שילר, גתה, בטהובן ובאך יצאה אותה "מולקולה־מפלצת". מפלצתיותה של המולקולה הנאצית מצד אחד, סתמיותו של המוות באושוויץ מצד שני וההשפעה המנוולת שיש לחיים ב־anus mundi מצד שלישי עשויים להעלות אצל רבים את השאלה שהציג פרנקל: "היש טעם לכל הסבל הזה, לכל הגסיסה הזאת סביבנו? שכן אם אין לזה טעם, הרי בסופו של דבר אין פשר להצלה". לפי פרנקל, כל מי שאחיזתו המוסרית התרופפה שם והוא הניח לעצמו להיסחף בניוון של המחנה, סופו שאבדה לו תחושת היותו אדם.

לא מן הנמנע שתחושה דומה ליוותה את פרימו לוי לאחר השחרור. בניגוד לגיבוריו של דוסטויבסקי, המוצאים גאולתם רק לאחר ששקעו עד צוואר בסחי של שאול התחתיות, גאולתו של לוי ממאנת לבוא והוא נותר עם המועקה: האם יוכלו אי פעם לשטוף את זיכרונם מהזוהמה שדבקה בהם? האם העתיד, טהור וצודק ככל שיהיה, יוכל למחוק את העבר? האם ניתן לבטל מעיין בלתי נדלה זה של רוע?[4]

תחושת הזוהמה מלווה ברגש בושה, בושה על רפיונם של כוחות הנפש לעמוד בפני הניוון וההסתאבות שכפתה עליהם מלחמת הקיום. רגש "החברות לצרה", מספר לוי, "היה נדיר מאוד בינינו. הוא חל רק על בני אותה ארץ, אך גם כלפיהם נפגם בשם תנאי החיים העלובים. כלפי החדשים לא היה רגש זה קיים כלל, או שהיה בעצם שלילי. מבחינה זו ומבחינות רבות אחרות ירדנו לשפל המדרגה והקשחנו לב, ובחבר 'חדש' נטינו לראות איש זר, ברברי, גס רוח ומעיק שגזל מאיתנו מרחב, זמן ולחם".[3]

העובדה שהיו כאלה שלא הניחו לעצמם להיסחף באווירה המנוונת אך מעצימה את רגש הבושה, אותו רגש המופיע גם אצל פרנקל: "אנחנו שחזרנו משם... אנחנו יודעים: הטובים שבנו לא חזרו". בת הד לתחושה זו מפעמת בפרימו לוי נוכח מנהגו של אחד האסירים, שטיינלאוף, לרחוץ גופו מדי בוקר במי הברז הקרים על חשבון תורו בחלוקת האוכל, כביטוי מופגן לעמידתו בפני תהליך ההתבהמות שכופים עליהם אדוני המחנה. תחושת ההשפלה והבושה מגיעה לשיאה בתלייתו הפומבית של אחד האסירים שהשתתף בהתקוממות של אנשי הזונדרקומנדו בבירקנאו. מפקד המחנה נושא נאום ארוך בגרמנית בפני האסירים הערוכים במסדר, ובסיומו הוא שואג: "הבנתם!", וכל האסירים משיבים במקהלה כנועה: "כן!". ואז נשמעת צעקתו של הנידון לתלייה: "חברים, אני האחרון!". האסירים חולפים בעיניים כבויות לפני הגופה התלויה על חבל, ולוי מהרהר: "הרוסים יכולים לבוא עכשיו; לא נותר אדם חזק בינינו, האחרון תלוי עכשיו מעל לראשינו... הרוסים יכולים לבוא עכשיו, הם ימצאו רק אותנו, העבדים, המותשים...". והוא מוסיף: "קשה להשמיד אדם, כמעט קשה כמו ליצור אדם, אבל אתם, הגרמנים, הצלחתם בכך. הנה, אנו כאן, צייתנים תחת מבטכם...".

לוי וחברו אלברטו שבים לצריפם, מתביישים להביט זה בעיני זה. הם חושבים על האיש התלוי בחצר, שעשוי כנראה "ממתכת שונה" משלהם, שכן התנאים ששברו את רוחם לא הצליחו לכופף אותו.



הם חשים שבורים ומנוצחים, תחושה שתלווה אותם גם לאחר שחרורם. כמו ויקטור פרנקל עשוי גם פרימו לוי לחוש הזדהות עם דוסטויבסקי, המגדיר את האדם כיצור המסוגל להסכין עם כל דבר, אבל, תוהה, פרנקל, השאלה היא איך.

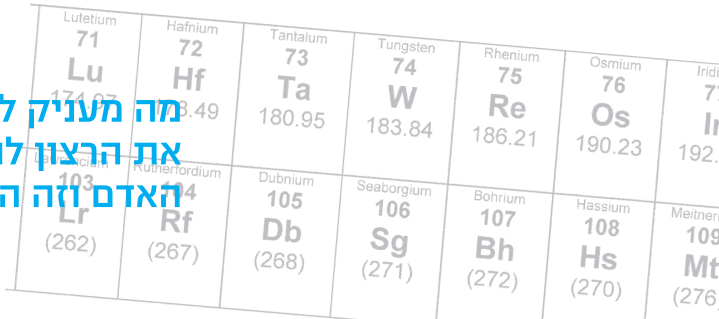
הטוב כשלעצמו

שאלה זו מקבלת משנה תוקף נוכח פרשת החיים המופלאה של לורנצו[1]. לוי מתוודע אל לורנצו באושוויץ ביוני 1944. לורנצו נמנה עם קבוצת פועלים שכירים שהובאה לאושוויץ לבצע עבודות בנייה ותחזוקה. אנשי הקבוצה משוכנים במגורים נפרדים מהאסירים ונהנים מתנאי חיים יחסית משופרים. כעבור זמן מתמנה לוי לשוליה של לורנצו, ועד מהרה מעורר עליו את חמתו בשל שלומיאליותו. אולם מרגע שלורנצו מגלה כי שניהם באים מחבל פיימונטה שבאיטליה, הוא פורש עליו את חסותו. למרות שפועלי הקבוצה מנועים מכל מגע עם האסירים וצפויים לעונש כבד על הפרת צו זה, דואג לורנצו להביא מדי יום ביומו שיירי מרק ולחם ללוי. מעשה אלטרואיסטי זה, המציל את חייו של לוי, נמשך שישה חודשים ונפסק רק עם שחרורו של לורנצו.

לורנצו הוא אדם שתקן, סגור, עצור, חסר השכלה ובעל גאווה יתרה. לפני המלחמה עסק בעבודות מזדמנות, נמנע מהתקשרויות ארוכות טווח ושמר על עצמאותו ועל חופש הפעולה שלו כעל בבת עינו. כל רכושו עלי אדמות היה זוג ידיים שמהן התפרנס וזוג רגליים שהבטיחו את ניידותו ואת אי תלותו באמצעי תחבורה. מדי חורף נהג לחצות ברגל את האלפים כדי למצוא פרנסה בצרפת, עושה דרכו במשעולי מבריחים מאחר שהוא מסרב להצטייד בניירות ובתעודות מסע רשמיים. לפני שהוא עוזב את אושוויץ מבקש פרימו לבקר אצל אמו בטורינו ומפציר בו לקבל ממנה כסף, גמול־מה על עזרתו, אבל לורנצו דוחה את ההצעה על הסף. הוא נוטל את תרמילו ויוצא במסע רגלי לאיטליה, מרחק של קילומטרים רבים מאושוויץ. בהגיעו לטורינו הוא מבקר את אמו של פרימו ומסרב לקבל מידה אפילו כרטיס נסיעה ברכבת לעיירתו, פוסאנו. כעבור חמישה חודשים שב לוי הביתה. הוא נוסע לפוסאנו ומוצא שם את לורנצו, אדם כבוי, עייף מהחיים, שותה לשוכרה ומתפרנס ממסחר זעיר בגרוטאות ברזל. לוי מנסה לסדר לו עבודה קבועה וקלה יותר, אבל לורנצו דוחה את מאמציו. כעבור זמן מה נופל לורנצו למשכב. לוי מצליח בעזרת קשריו לשריין לו מיטה בבית חולים, אבל לורנצו נוטש את בית החולים לאחר שהרופאים מסרבים לספק לו יין. כעבור ימים אחדים נפטר. אומר פרימו: "החיים לא עניינו אותו עוד".

לא מן הנמנע שפרשת לורנצו הותירה בפרימו לוי חותם עמוק. טיפוסים כמו לורנצו הם חידה בלתי מפוצחת בעבור כל מי שמנסה להבין בשכלו את טבע האדם. האיש הקשה, הסגור והשתקן הזה, המאמין רק בעצמו והסומך רק על שתי ידיו, איש הדוחה כל עזרה וכל ביטוי של קרבה ונמנע מכל טובת הנאה כדי לא לפגוע בעצמאותו ובאי תלותו, מסכן את חייו כדי לעזור לאסיר אלמוני, בעל זהות מחוקה וידיים שמאליות, רחוק ממנו כרחוק מזרח ממערב מבחינת תרבותו והשכלתו. בתום המלחמה מגלה לוי שלורנצו סייע ללא תמורה גם לאסירים אחרים, איטלקים ושאינם איטלקים, ואת זה הוא עושה ב־anus mundi, מקום הנוהג על פי הכלל אכול את הלחם שלך, ואם אפשר גם את זה של שכנך. התנהגות אלטרואיסטית כזאת אי אפשר שלא תעורר מחדש בלוי את השאלה "מהו האדם", אבל הפעם מההיבט הנגדי, מההיבט של הטוב, של החסד ושל החמלה. היבט מטריד ומעיק לא פחות מההיבט של הרע, של האכזרי ושל התועבה. כי מעשים טובים הנעשים לשמם אין להם הסבר, הנמקה ותשובה. לוי מעיד על לורנצו ש"אנושותו היתה טהורה וללא רבב". אלא שהערכה זו יותר משהיא מסבירה, היא כתב החידה של אותה תופעה אנושית מופלאה ששמה לורנצו. האיש, כמו אחדות מהדמויות הקסומות של דוסטויבסקי ב"זיכרונות מבית המוות", אשר הטוב זורם במישרין מעצמותם, נושא בתוכו את החסד, משל היה יסוד אציל שלא ניתן לגרוע ממנו או להוסיף לו ואשר אינו מותנה בגמול או בהכרה של סביבתו. סוג זה של טוב משמש מעין זכוכית מגדלת, המעצימה עד ללא נשוא את אי־שלמותם של האנשים הרגילים, בדומה למיקרוסקופ החושף את המבנה המפלצתי

מה מעניק ללוי, שהיה שקוע עד צווארו בסחי ובזוהמה, את הרצון להוסיף ולדבוק בחיים אחרי אושוויץ? אם זה האדם וזה העולם, כיצד אפשר לחיות אחרי זה?



של הכנימות הזעירות השורצות על עור גופנו.

התנהגותו של לורנצו באושוויץ היא עדות חיה ומטרידה לכך שאפשר גם אחרת, שהניוון אינו גזרה משמים ושהפיחות האנושי אינו תהליך בלתי נמנע גם בנסיבות כאלה. ואולי יותר מהמפגש המעיק עם הטוב כשלעצמו הכבידה על לוי חידת מותו של לורנצו. כתושב חוץ באושוויץ לא התנסה לורנצו באימה, בהשפלה ובבושה שהיו לחם חוקם של האסירים. אף על פי כן, די היה בקרבתו לכבשנים כדי להפוך את רצון החיים שלו לאפר כבוי. תגובתו של לורנצו היא אצבע מאשימה כלפי לוי. אם עולמו הרוחני המוגבל של לורנצו, חף מאידיאות נשגבות על "הרוח האנושית הנעלה" ואשר מושג הטוב שלו מתבסס על אפוריזם נוצרי פשטני ("באנו לעולם כדי לעשות את הטוב ולא כדי להתגאות בכך"), נצמת ממפגשו עם ה־anus mundi, מה דינו של פרימו לוי שעגב כל ימיו על המוזות והתאבק בעפרם של הטוב והנעלה? אם החיים ליד המדמנה של אושוויץ הספיקו ללורנצו כדי לאבד את רצון החיים, מה מעניק ללוי, שהיה שקוע עד צווארו בסחי ובזוהמה, את הרצון להוסיף ולדבוק בחיים אחרי אושוויץ? אם זה האדם וזה העולם, כיצד אפשר לחיות אחרי זה?

סוף הזמן השאול

שאלות כגון אלה עשויות להזהיר את לוי שמעתה זמנו הוא זמן שאול. במהלך הזמן הזה מתחוורים לו סתמיותם של החיים, מקריותם, טירופם, טירוף שנוטלים בו חלק לא רק הרוצחים כי אם גם הקורבנות. טירוף שנציגו המובהק הוא רומקובסקי, "מלך היהודים" של גטו לודז', אותו רודן נלעג המאמץ גינוני מלכות מבחילים ופתטיים כאחד, הרואה עצמו כנשיאם הנאור של היהודים בעוד אין הוא אלא מכשיר נתעב בידי הגרמנים להוצאת זממם השטני אל הפועל. רומקובסקי מעורר בלוי תימהון אין קץ נוכח חידתה של הנפש האנושית. "כמו רומקובסקי", כותב לוי [1], "אף אנו מסונוורים מכוח ומכסף, עד שאנו שוכחים את חולשתנו המהותית: שכולנו נמצאים בגטו, והגטו מוקף חומה, ומחוץ לחומה עומדים אדוני המוות, ומעט הלאה ממתינה הרכבת".

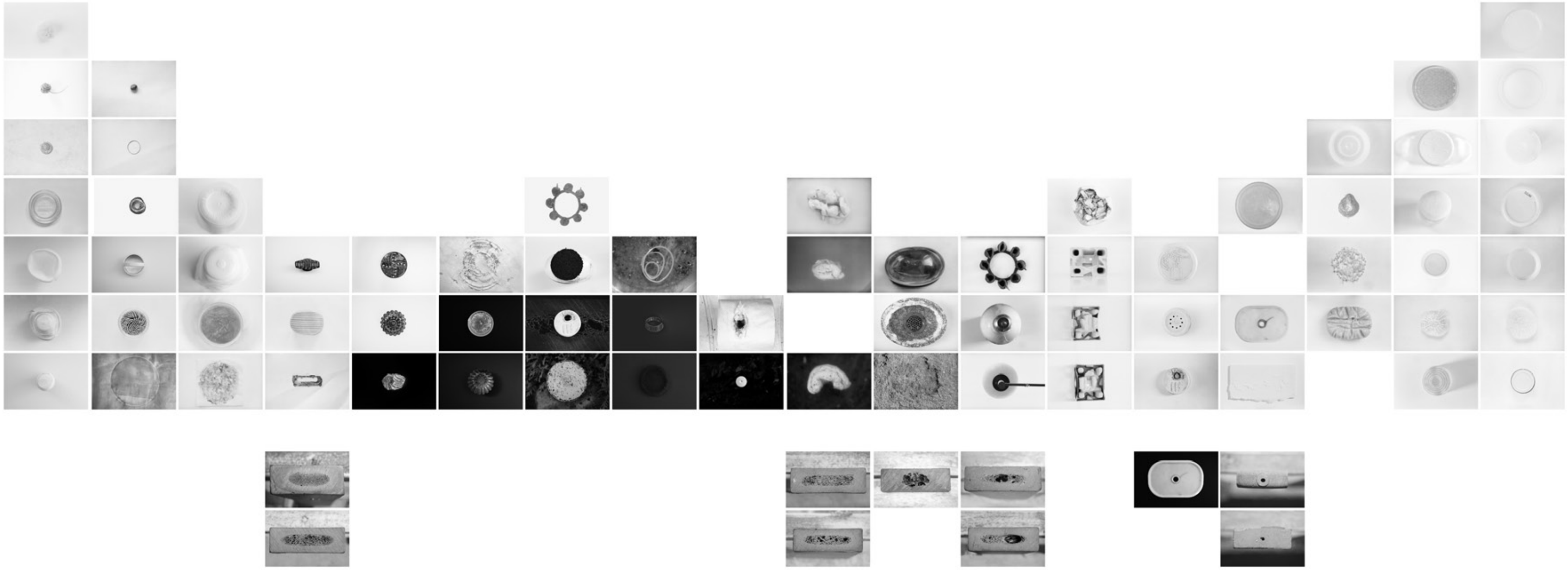
ראיית הגטו כמשל לחיים, שעל גבולם ממתינה רכבת המוות, מציבה גם את ראשיתו של הזמן השאול בנקודה שבה מתחילים החיים, דהיינו ברגע הלידה. אולם מחמת תקתוקו החרישי של שעון הזמן השאול אין אנו מבחינים בו אלא כאשר השליח המיוחד נוקש על דלת ביתנו. אפשר ששליח זה התגלה ללוי בצאתו משערי אושוויץ, במהלך ניסיונו לעכל את גילויי הרשע והנוולות מצד אחד, את גילויי החסד של לורנצו מצד שני ואת זקיפות קומתו של שטיינלאוף מצד שלישי. לוי, ששיבח בעבר את הזיהום הזעיר של הפחמן באוויר ובחר בכימיה משום התעסקותה ב"סרחונות, בהתפוצצויות ובחידות קטנות", נוכח בצאתו מאושוויץ שהחיים אינם תערובת חביבה של סרחונות קטנים, אלא מולקולה מפלצתית המדיפה צחנה נוראה. בעבר גרס לוי שהטבלה המחזורית היא לכימאים מין מראת חיים וכי כל אחד מהם קשר את גורלו ביסוד מסוים או בתרכובת מסוימת – האחד בברום, השני בפרופילן, בקבוצת NCO, או בחומצה גלוטאמית [2]. אושוויץ גילתה לפרימו לוי שהוא אינו שייך לברזל של סנדרו ושל שטיינלאוף ולא לצורן הטהור של לורנצו. לוי נוכח לדעת שכל מאמציו לקשור את גורלו ביסוד כימי מסוים עלו בתוהו, וכי כל היסודות בטבלה המחזורית נתמזגו אצלו בחומר אחד – העופרת, השונה "מכל שאר החומרים משום שאתה חש בה שעייפה היא, אולי עייפה מלהשתנות, ואולי שוב אינה רוצה להשתנות יותר".

מנקודת התצפית של העופרת העייפה מתברר ללוי שנעוריו הפעלתניים לא שינו את השתייכותו הבסיסית לגזים האצילים הבלתי פעילים, שלעולם אינם מעורבים בחיים מעורבות של ממש, והם נועדו מלכתחילה למלא תפקיד של משקיפים. כמי שעולמו הרוחני הושפע מ"הקומדיה האלוהית" של דנטה אליגיירי מיטיב לוי לדעת שלמשקיפים שמור מקום במדור הראשון של התופת העליונה, מדור בו שוכנות נשמות המתים, אשר בחייהם לא נטלו חלק פעיל בחיים, ועל כן אינן ראויות לרשת לא גיהינום ולא גן עדן. היתד שניסה לתקוע בחיים הממשיים באמצעות הטבלה המחזורית אבדה בבור התחתיות של אושוויץ. ייתכן שמתוך מעמקיו של אותו בור הבין לוי כי כל התעסקותו בחומר לא היתה אלא השתעשעות במושגים ובסמלים של החומר, ב־Fe, ב־C, ב־Zn וב־K, ולא בברזל, בפחמן, באבץ ובאשלגן.

ב־1977 התפטר פרימו לוי ממשרתו כמנהל מפעל כימי בטורינו כדי להתמסר לכתיבה. אבל ניסיונו לחבר ספרי עלילה הוליד פירות בינוניים (The Wrench, "אם לא עכשיו אימתי"). אפשר שאז הבין שהזמן השאול שלו לא נועד אלא לתכלית אחת: לספר את אושוויץ ולתעד את מסעו ב־anus mundi, וכל זאת כדי להציג משפט אחד, שהוא ספק שאלה ספק תשובה: "אם זהו האדם". ומשסיים להציג את המשפט כלה גם גרגיר הזמן האחרון בשעון החיים שלו. X

----

1. מתוך קובץ סיפורים הנושא אותו שם, "זמן שאול", מאת פרימו לוי. מאיטלקית: מירון רפופורט, ספרי סימן קריאה, הוצאת הקיבוץ המאוחד, ספריית מעריב.
2. "הטבלה המחזורית" מאת פרימו לוי, מאיטלקית: עמנואל בארי, הוצאת הקיבוץ המאוחד, ספרי סימן קריאה.
3. Primo Levi: If This Is a Man
4. The Truce



הטבלה המחזורית / אתי שוורץ

אורך: 4.5 מטר, **גובה:** 2.5 מ',
מכילה 81 יסודות מתוך 118
המקומות בטבלה המקורית.
הצילומים: שחור לבן בפילם,
הדפסה על נייר כותנה.

את הטבלה המחזורית שלה החלה האמנית אתי שוורץ לגבש ב־1998 מתוך סדרת צילומי מקרו של אשפה, מסטיקים לעוסים, פקקים ומכלים עגולים שמשכו אותה לדבריה בפשטותם ובצורתם המעוגלת. הצילום כמדיום, אומרת, משלב בצורה פיוטית בין כימיה, אופטיקה אמנות ואסתטיקה והיה תמיד תירוץ טוב עבורה לשלב בין משיכתה למדע ולטכנולוגיה לבין האמנות שבה היא עוסקת. "מדענית לעולם לא אהיה", כותבת שוורץ, "אך נהניתי לשחק בכאילו, כשניסיתי ליישם את חוקי הטבלה המחזורית והאופן הגאוני שבו היא חוזה את תכונות החומר על ידי המבנה האטומי שלו, ומגלה סדר מופתי בעולם, לכאורה כאוטי".